পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ কর্তৃক ১৯৫৮, মার্চ মাসে বিজ্ঞাপিত ও ১৯৫৯, ৭ই এপ্রিল পুনঃ বিজ্ঞাপিত একাদশ শ্রেণী বিদ্যালয়ের পাঠ-ক্রম অনুসারে লিখিত]

পদার্থ বিজ্ঞান

প্রথম ভাগ

[নবম ও দশম শ্রেণীর জন্য]

শ্রীচিত্তরঞ্জন দাশগুপ্ত, এম্. এস্-সি.

...টি কলেজের 'পদার্থ বিজ্ঞানের' অধ্যাপক, 'A Text-Book of Intermediate Physics', Pre-University Physics, 'ব্যবহারিক পদার্থ বিজ্ঞান' (Practical Physics) ও 'বিজ্ঞান-প্রবেশিকা' (General Science) প্রভৃতি গ্রন্থের লেখক, বিশ্ববিদ্যালয়ের পরীক্ষক, ইত্যাদি।

বুক সিণ্ডিকেট প্রাইভেট লিমিটেড

৬, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট, কলিকাতা-৯

প্রথম প্রকাশ—মার্চ, ১৯৫৮
সংশোধিত দ্বিতীয় সংস্করণ—জুন, ১৯৫৮
, তৃতীয় ,, —জুন, ১৯৫৯
পরিমার্জিত চতুর্থ ,, —ডিসেম্বর, ১৯৬০

Published and Printed by Sri P. C. Bhowal, for Book Syndicate Private Ltd., 6, Ramanath Mazumdar Street, Calcutta-9, at Mudran Bharati Private Ltd., 2, Ramnath Biswas Lane, Calcutta-9.

PHYSICS—SYLLABUS

CLASSES IX—X

(Figures in the bracket indicate references to articles of this book)

(*a*) *Contents* 1	*Remarks* 2	*Practical* 3	*Demonstration* 4
1. Measurement of length (1·9) volume (1·16) mass (1·17) weight (1·19) and time (1·20). Measurement of angle (1.22). simple pendulum (experimental study only) (2nd part).	Both F. P. S. & C. G. S. systems are expected (1·3) Explanation of Decimal measure ; its usefulness. (1·7).	The use of measuring cylinder (1·16). Measurement of length (1·9) and time (1·20) period of Pendulum (3·6) Use of Vernier (in class X). (1·9 & 1·11)	Use of beam balance (1·17) and spring balance (1·19). Use of Vernier (in class XI). (1·9 & 1·11).
2. Density (1·18) and specific gravity (4·1). Measurement of density and specific gravity of solids, liquids (4·3-4·9).	Relative density to be explained (4·1) Density of a gas (4·10).	Density of bodies of regular (1·16) and irregular shape (3·7).	
3. Meaning of pressure (2·5) Pressure and thrust (2·8) Pressure in liquids (2·9) Characteristics of fluid pressure (2·10).	Balancing columns in U-tube (2·13). Effect of size of the tube (2·13). Pressure at house taps etc. (2·12) Importance of vertical		Pressure depends on head of liquid (2·9) Pressure independent of area (2·9) Pressure in liquids acts equally in all directions

(b)

Contents 1	Remarks 2	Practical 3	Demonstration 4
Archimedes' principle and buoyancy (3·5 & 3·1) Pascal's law (2·14) Floating bodies (3·8)	height (2·12) Hydraulic press (2·12) Hydraulic garage-lift (2·16) Floatation of ships and balloons (3·10 & 3·11) Hydrometers (4·6 & 4·7)		(2·10) Transmission of fluid pressure (2·14) Submerged bodies, floating bodies, Sinking bodies (3·8).
4. Atmospheric pressure (5·1-5·2) The Barometer (5·3) Pressure in gases (5·7).	Effect of moisture on atmospheric pressure (5·6) Weather maps (5·6) Pumps (5·11-5·13) Siphon (5·14).	Reading the Barometer. (Class XI). (5·3)	Burette full of water inverted in a beaker of water ; air admitted later (5·2) Barometer tubes of different lengths inverted over a mercury trough (5·2) Balloon containing a little air under bell-jar connected to an exhaust pump (5·2) Megdeberg hemisphere. (5·2).
5. Temperature (1·4) and its measurements (1·6) Thermometers (1.7) 1·8) Expansion of solids, liquids and gases (Chap. 3 & 4).	Effect of heat (such as, bodies get hotter : melting ; evaporation ; chemical action ; burning ; destruction of life ; light) to be mentioned. (1·3) Fahrenheit and Centigrade	Determination of fixed points of a thermometer (1·7)	Ball-and-ring experiment (3·1) Bi-metallic strips (3·2) Demonstrations of expansion of liquids (4·1) and gases (4·12). Great force exerted during expansion and contraction (3·8).

(c) Contents 1	Remarks 2	Practical 3	Demonstration 4
	scales (1·7) and their conversion (1·7). Maximum and minimum thermometers (1·8). The clinical thermometer (1·8). Anomalous expansion of water (4·8).		
6. Measurement of quantity of heat (2·1)—heat units (2·2). Specific heat (2·4). Thermal capacity (2·9) and water equivalent (2·11).	Heat lost—Heat gained (2·10). Calculation of specific heat from data by method of mixtures (2·8).	Determination of Specific heat (solid) by method of mixtures (2·11).	
7. Melting (5·2). Evaporation (5·11). Boiling (5·15) Moisture in air (6·1) Dew-points (6·2). Relative humidity (6·3).	Effect of pressure on melting point and boiling point (5·6 & 5·16). Cooling effect of evaporation (5·11) Reference to be made to dew (6·5), mist, cloud and rain (6·10) Wet-and-dry-bulb hygrometer (6·9) and simple form of Regnault's hygrometer (6·8).	Determination of melting point of crystalline solid (grahical method) (5·5).	Weighted wire cuts through ice (5·7). Freezing point of salt water (5·8) Boiling under reduced pressure (5·16). Determination of relative humidity. (6·9).

(d) Contents 1	Remarks 2	Practical 3	Demonstration 4
8. Conduction, convection and radiation. (Chap. 7)	Ventilation (7·7). Land and Sea brezees (7·7) Effect of cotton and woolen clothings to be explained (7·5). Davy's lamp (7·4) and cooling system of an automobile engine to be discussed (7·7). Thermoflask (7·12).		Heat conductivity in metals—Ingenhausz's experiment (7·3). Davy's Safety lamp (7·4) Copper spiral extinguishes a candle flame (7·5).
9. Light—Straight line propagation (1·3). Pinhole camera (1·4). Shadows from point and extended sources (1·5). Eclipses of sun and moon (1·7).	Circular or Elliptical patches of light in the shadow of leaves of trees to be explained (1·4). Value of speed of light to be mentioned, but no experiment need be described (1·8).		Shadow effect produced by light from point and extended sources (1·5) Pinhole Camera (1·4) (Umbra & Penumbra).
10. Reflection at Plane surfaces (2·1). Laws of reflection (2·3). Lateral inversion. (2·16)	The importance of smooth sufaces; regular reflection as opposed to scattering (2·13). Inclined mirrors (2·13). Effect of rotating the mirror (2·14) Effect of motion of the object (2·13) Size of mirror	Verify—(i) Angle of incidence is equal to angle of reflection(2·5)(ii) Image distance is equal to object distance (Pin method) (2·11).	Action of Periscope useing vertical board and beam apparatus (2·13) Candle burning in water. (2·13). Kaleidoscope (2·13)

(e)

Contents 1	*Remarks* 2	*Practical* 3	*Demonstration* 4
	for viewing full image of a person (2·15). Periscope (2·13)		
11. Refraction (3·1). Snell's law (3·3). Total reflection (3·9). Dispersion (5·1). Composite nature of white light (5·2)	Reference to colours of a rainbow (5·5). Newton's colour disc to be demonstrated (5·2).	Verification of Snell's law (Pin method) (3·4)	Various experiments to demonstrate total internal reflection (3·11). Production of spectrum by Prism (5·1). Recombination of colours by inverted prism (5·2). (Hartle's Disc).
12. Lens—graphical treatment only. (Chap. 4)	Idea of focal length; (4·5) real image—magnified, reduced; virtual image (4·7).	f by U—V method. (converging lenses only) (4·13)	

সূচনা

পদার্থ বিজ্ঞানের স্বরূপ ঃ

এই পৃথিবী বস্তুময়। আমাদের চতুর্দিকে চোখ ফিরাইলেই বহুরকম বস্তুর সন্ধান মিলে। টেবিল, চেয়ার, কাগজ, কলম ইত্যাদি যে-সমস্ত দ্রব্য আমরা ইন্দ্রিয় দ্বারা বুঝিতে পারি এবং যাহার ওজন আছে তাহাই বস্তু। এই সমস্ত বস্তুর সৃষ্টি কি করিয়া হইল, ইহাদের গঠনপ্রণালী, আচরণ বা উপযোগিতা কিরূপ এই সম্বন্ধে কৌতুহল উদ্রেক হওয়া খুবই স্বাভাবিক। তাই, পৃথিবীর আদিমতম যুগ হইতে মানুষের অনুসন্ধানী মন এই সম্বন্ধে প্রশ্ন করিয়াছে এবং ইহার জবাব খুঁজিয়াছে। বস্তু যে উপাদানে তৈরী তাহাকে আমরা বলি পদার্থ (Matter)।

বস্তু বা পদার্থ ছাড়া আর একটি জিনিসের প্রতি মানুষের দৃষ্টি পড়িয়াছিল ; তাহা হইল **শক্তি** (Energy)। এই শক্তি আছে বলিয়া জগৎ চলিতেছে , শক্তির অভাবে জগৎ স্থাণুবৎ। শক্তি এবং ইহার বিভিন্ন রূপের সহিত আমাদের পরিচয় বস্তুর মাধ্যমে। যেমন, তাপ একপ্রকার শক্তি। কিন্তু তাপকে আলাদা করিয়া কোন আকার বা রং দিয়া আমাদের ধরা-ছোঁয়ার ভিতর আনা সম্ভব নয়। কিন্তু কোন বস্তুর তাপমাত্রার (temperature) পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়া অথবা উহার প্রসারণ (expansion) লক্ষ্য করিয়া আমরা বস্তুতে তাপশক্তির অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। এইরূপ, বিদ্যুৎ আর এক প্রকারের শক্তি। বিদ্যুৎকে বুঝিতে হইলে কোন বস্তুতে উহার প্রবাহ ঘটাইয়া তাহার ফলাফল লক্ষ্য করিতে হইবে। যেমন, বৈদ্যুতিক পাখায় যখন প্রবাহ চলে তখন পাখা ঘোরে এবং তখনই আমরা বৈদ্যুতিক শক্তির অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। কাজেই শক্তির পরিচয় পাইতে হইলে বস্তুর সাহায্য প্রয়োজন।

পদার্থ এবং শক্তির লীলাক্ষেত্র এই যে বিরাট এবং বিচিত্র জগৎ—এই জগতের রহস্য উদ্ঘাটন এবং বহুবিধ প্রাকৃতিক ঘটনা সম্বন্ধে প্রকৃত জ্ঞানলাভ— ইহাই হইল পদার্থ বিজ্ঞানের স্বরূপ।

পদার্থ বিজ্ঞানের বিভিন্ন বিভাগ :

বহুপূর্বে সমস্ত প্রাকৃতিক বিজ্ঞান, যথা—রসায়ন, প্রাণিবিদ্যা, উদ্ভিদ্‌বিদ্যা, জ্যোতির্বিদ্যা প্রভৃতি সমস্তই পদার্থ বিজ্ঞানের অন্তর্গত ছিল। কিন্তু বিজ্ঞানীর কর্মপ্রচেষ্টায় যখন প্রত্যেকটি শাখা সম্বন্ধে মানুষের জ্ঞানের পরিধি বাড়িতে লাগিল তখন পদার্থ বিজ্ঞান হইতে ঐগুলিকে পৃথক্ করিবার প্রয়োজন অনুভূত হইল। এখন, পদার্থ এবং শক্তি সম্বন্ধে চর্চা করাই পদার্থ বিজ্ঞানের কাজ। অধ্যয়নের সুবিধার জন্য পদার্থ বিজ্ঞানকে নিম্নলিখিত ছয়ভাগে ভাগ করা হয়।

(1) **সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান** (General Physics), (2) **শব্দ-বিজ্ঞান** (Sound), (3) **তাপ-বিজ্ঞান** (Heat), (4) **আলোক-বিজ্ঞান** (Light), (5) **চুম্বক-বিজ্ঞান** (Magnetism) এবং (6) **তড়িৎ-বিজ্ঞান** (Electricity)।

পদার্থের বিভিন্ন অবস্থা ও উহার গঠনতত্ত্ব :

পদার্থ তিন রকম অবস্থায় থাকিতে পারে। যথা, (1) **কঠিন**, (2) **তরল** বা (3) **বায়বীয়**। একখণ্ড বরফের টুকরাকে বলা যাইতে পারে জলের কঠিন অবস্থা। আবার উহাকে তাপ প্রয়োগে জলে পরিণত করিলে বলা যাইবে জলের তরল অবস্থা। ঐ জলকে আরও বেশী উত্তপ্ত করিলে যখন বাষ্প উঠিতে থাকিবে তখন ঐ বাষ্পকে জলের বায়বীয় অবস্থা বলা যাইবে। কাজেই দেখা যাইতেছে যে একই পদার্থ কঠিন, তরল বা বায়বীয়, এই তিন রকমের অবস্থা গ্রহণ করিতে পারে।

যে-কোন অবস্থাতেই থাকুক না কেন, পদার্থের মূল গঠনতত্ত্ব অভিন্ন। অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণা দ্বারা পদার্থ গঠিত। এই ক্ষুদ্র কণাগুলিকে বলা হয় **অণু** (molecule)। অণুগুলির বৈশিষ্ট্য এই যে, উহারা যে-পদার্থের অংশ তাহার ধর্ম (properties) অক্ষুণ্ণ রাখে এবং স্বতন্ত্রভাবে (free state-এ) থাকিতে পারে। এই অণুগুলি আবার আরও ক্ষুদ্রতর কণিকাদ্বারা গঠিত। ইহাদের নাম **পরমাণু** (atoms)। পরমাণু স্বতন্ত্রভাবে থাকিতে পারে না, কিন্তু রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। একই রকম পরমাণু দ্বারা গঠিত যে-পদার্থ তাহাকে বলা হয় **মৌল** (element) এবং দুই বা দুই-এর

অধিক মৌলের সংমিশ্রণে যে-পদার্থের সৃষ্টি হয় তাহাকে বলা হয় **যৌগ** (compound)। উদাহরণ স্বরূপ হাইড্রোজেন ও জলের কথা বলা যাইতে পারে। রাসায়নিক বিশ্লেষণের ফলে দেখা গিয়াছে যে হাইড্রোজেন অণুতে একই রকমের পরমাণু বর্তমান কিন্তু জলের প্রত্যেক অণু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। কাজেই হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনকে বলা হয় মৌল এবং জলকে বলা হয় যৌগ। রাসায়নিকেরা পরীক্ষা করিয়া দেখিয়াছেন যে এই বিশ্বে প্রায় 100 রকমের মৌল আছে। ইহাদের ভিতর হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হাল্কা ও ইউরেনিয়াম সর্বাপেক্ষা ভারী মৌল। এই ধরনের প্রায় 100 রকমের মৌলের বিভিন্ন সংমিশ্রণে যৌগের সৃষ্টি। এই পৃথিবীতে যদিও বহু রকমের পদার্থ দেখিতে পাওয়া যায়, তথাপি তাহাদের গঠনের মূলে আছে মাত্র 100 রকমের মৌল।

আধুনিক বিজ্ঞান অনুযায়ী পরমাণু পদার্থের ক্ষুদ্রতম অবস্থা নয়। পরমাণুকে ভাঙ্গিয়া আরও ক্ষুদ্রতর কণিকা পাওয়া যায়। এই কণাগুলি ঋণাত্মক (negative) তড়িৎযুক্ত। ইহাদের বলা হয় **ইলেক্ট্রন** (electron)।

পরমাণুর ইলেক্ট্রনগুলি একটি ধনাত্মক (positive) তড়িৎযুক্ত কেন্দ্রক (nucleus)-কে প্রদক্ষিণ করিয়া সর্বদা ঘূর্ণমান। এই কেন্দ্রকটি গঠিত হইয়াছে প্রোটন, নিউট্রন প্রভৃতি অতি সূক্ষ্ম কণাদ্বারা। পরমাণুর গঠন-প্রণালীকে, সৌরজগতের গঠন-প্রণালীর সহিত তুলনা করা যাইতে পারে। কেন্দ্রককে বলা যাইতে পারে সূর্য এবং ঘূর্ণমান ইলেক্ট্রনগুলিকে গ্রহের সঙ্গে তুলনা করা যাইতে পারে।

পদার্থের কয়েকটি সাধারণ ধর্ম :

পদার্থ যে-কোন অবস্থাতেই থাকুক না কেন উহার কতকগুলি সাধারণ ধর্ম আছে। যেমন—

(1) **মহাকর্ষ বা সার্বভৌম আকর্ষণ** (Gravitational or Universal attraction) : যে-কোন দুইটি বস্তুকণা পরস্পরকে আকর্ষণ করে। পৃথিবী ও সূর্যের ভিতর এই আকর্ষণ বর্তমান—যাহার ফলে সূর্যের চতুর্দিকে পৃথিবী ঘুরিতেছে। যখন ফল পাকিয়া বোঁটা হইতে খসিয়া পড়ে তখন পৃথিবীর আকর্ষণে ফলটি মাটিতে পড়ে। চন্দ্র-সূর্যের আকর্ষণের ফলেই সাগর-জলে জোয়ার-ভাঁটার সৃষ্টি হয়। এই আকর্ষণের ফলেই প্রত্যেক বস্তুর ওজন পরিলক্ষিত হয়। এই আকর্ষণকে বলা হয় মহাকর্ষ বা সার্বভৌম আকর্ষণ।

(2) **বিস্তৃতি** (Extension): প্রত্যেক পদার্থখণ্ড কিছু জায়গা দখল করিয়া থাকে। ইহাকে পদার্থের বিস্তৃতি বলা হয়। পদার্থখণ্ড যে-পরিমাণ জায়গা দখল করে তাহাকে বলা হয় ঐ বস্তুর **আয়তন** (volume)। প্রত্যেক বস্তুর নিজস্ব আয়তন আছে।

(3) **অভেদ্যতা** (Impenetrability): যে-কোন দুইটি পদার্থখণ্ড একই সময়ে একই জায়গা দখল করিয়া থাকিতে পারে না। ইহাকে পদার্থের অভেদ্যতা বলা হয়। যখন দেওয়ালে পেরেক পোঁতা হয় তখন মনে হয় পেরেক দেওয়াল ভেদ করিতেছে। প্রকৃতপক্ষে যখন পেরেক ভিতরে ঢোকে তখন সেই জায়গা হইতে সিমেন্ট, চুন প্রভৃতি সরিয়া গিয়া পেরেক যাইবার জন্য পথ করিয়া দেয়।

(4) **বিভাজ্যতা** (Divisibility): প্রত্যেক পদার্থখণ্ডকে উহার ধর্ম অক্ষুণ্ণ রাখিয়া ছোট ছোট অংশে ভাগ করা যায়। ইহাকে পদার্থের বিভাজ্যতা বলে। যেমন, এক টুকরা খড়ি লইয়া শ্লেটের উপর লিখিলে উহা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র খড়ির কণায় বিভক্ত হইয়া যায়।

(5) **সংসক্তি** (Cohesion) ও **আসঞ্জন** (Adhesion): একটি পদার্থখণ্ডের ভিতর যে বহুসংখ্যক অণু বর্তমান, উহারা সবদা পরস্পরকে আকর্ষণ করে। একই পদার্থের অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণকে বলা হয় সংসক্তি। এই সংসক্তির ফলে কঠিন পদার্থ উহার আকার বজায় রাখে। তরল পদার্থের বেলাতে সংসক্তির পরিমাণ খুব কম। তাই তরল পদার্থের নিজস্ব কোন আকার নাই। গ্যাসের বেলাতে সংশক্তির পরিমাণ আরো কম।

দুইটি বা দুই-এর বেশী বিভিন্ন পদার্থের অণুগুলির পারস্পরিক আকর্ষণকে বলা হয় আসঞ্জন। এই আসঞ্জনের ফলে ঝালাই (soldering) করা সম্ভব হয়। কাচকে জলে ডুবাইলে এই আসঞ্জনের ফলে জলকণাকে কাচের গায়ে আটকাইয়া থাকিতে দেখা যায়।

(6) **সচ্ছিদ্রতা** (Porosity): প্রত্যেক বস্তুই সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্র সমন্বিত। একখণ্ড ব্লটিং কাগজ কালির উপর চাপিয়া ধরিলে কালি শুষিয়া নেয়, কারণ, কালি ব্লটিং কাগজের অসংখ্য ছিদ্র দিয়া ঢুকিয়া পড়ে। তেমনি একখণ্ড ইট, স্পঞ্জময় চামড়া, কাঠকয়লা প্রভৃতি ভালভাবে পরীক্ষা করিলে এই ছিদ্র লক্ষিত হইবে। অনেক সময় এই ছিদ্র এত সূক্ষ্ম হয় যে অণুবীক্ষণ যন্ত্রেও তাহা

ধরা পড়ে না। এই ধরনের সূক্ষ্ম ছিদ্রকে বলা হয় আন্তরাণবিক (inter-molecular) ছিদ্র। এই ব্যাপারকে বলা হয় পদার্থের সচ্ছিদ্রতা।

(7) **জাড্য** (Inertia) : যে-কোন বস্তু আপনা হইতে উহার অবস্থার পরিবর্তন করিতে অক্ষম। যদি উহা স্থির থাকে তাহা হইলে উহা চিরদিন স্থির থাকিবে। আর যদি গতিশীল হয়, তাহা হইলে চিরকাল গতিশীল থাকিবে। ইহাকে পদার্থের জাড্য বলে। বস্তুর ভর (mass) অর্থাৎ বস্তুতে যে-পরিমাণ জড় পদার্থ বর্তমান তাহাই জাড্যের পরিমাপ।

(8) **স্থিতিস্থাপকতা** (Elasticity) : একখণ্ড রবারকে একটু চাপ দিয়া বলপ্রয়োগ করিলে রবারটির আকার পরিবর্তিত হয়। কিন্তু চাপ সরাইয়া লইলে রবারটি আবার আগেকার আকারে ফিরিয়া আসে। রবারের এই ধর্মকে বলা হয় স্থিতিস্থাপকতা। এই ধর্ম শুধ রবারে নয়, প্রত্যেক পদার্থেই বর্তমান, কিন্তু কম বা বেশী মাত্রায়।

শক্তি এবং ইহার বিভিন্ন রূপ (Energy and its different forms) : কাজ করিবার সামর্থ্যকে শক্তি বলে। শক্তিকে মোটামুটি সাত ভাগে ভাগ করা যাইতে পারে। যথা :

(1) **যান্ত্রিক শক্তি** (Mechanical energy), (2) **তাপ শক্তি** (Heat energy), (3) **আলোক শক্তি** (Light energy), (4) **শব্দ শক্তি** (Sound energy), (5) **চৌম্বক শক্তি** (Magnetic energy), (6) **তড়িৎ শক্তি** (Electric energy), (7) **রাসায়নিক শক্তি** (Chemical energy)।

শক্তির রূপান্তর (Transformation of energy) :

উপরোক্ত সাত প্রকার শক্তি পরস্পরের সহিত সম্বন্ধযুক্ত, অর্থাৎ যে-কোন একটা হইতে অন্যটায় রূপান্তর সম্ভব। প্রকৃতপক্ষে প্রায় প্রত্যেক প্রাকৃতিক ঘটনাই শক্তির রূপান্তর বলিয়া ধরা যাইতে পারে এবং তাহার ফলে আমরা বিচিত্র প্রাকৃতিক লীলা দেখিতে পাই। নিম্নে এই রূপান্তরের কয়েকটি সহজ দৃষ্টান্ত দেওয়া হইল।

জল উচ্চস্থান হইতে নিম্নদিকে প্রবাহিত হয়। উচ্চস্থানে থাকাকালীন জলের স্থিতি-শক্তি নিম্নদিকে যাইবার সময় গতি-শক্তিতে রূপান্তরিত হয় এবং জলের এই গতি-শক্তিকে কাজে লাগাইয়া তড়িৎ-শক্তি সৃষ্টি করা হয়।

যখন বৈদ্যুতিক বাতির ফিলামেণ্টের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালিত হয় তখন আমরা আলো পাই। এস্থলে বৈদ্যুতিক শক্তি আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে।

স্টীম এঞ্জিনে তাপের সাহায্যে স্টীম উৎপন্ন করিয়া রেলগাড়ী চালানো হয়। এস্থলে তাপশক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে।

এইরূপ বিভিন্ন দৃষ্টান্ত দ্বারা দেখানো যাইতে পারে যে, একপ্রকার শক্তির অন্য যে কোন প্রকার শক্তিতে রূপান্তর সম্ভব।

শক্তির নিত্যতা (Conservation of energy) ঃ

শক্তি যখন এক রূপ হইতে অন্য রূপে পরিবর্তিত হয় তখন শক্তির কোন ক্ষয় হয় না। এক বস্তু যে-পরিমাণ শক্তি হারাইবে অন্য বস্তু ঠিক সেই পরিমাণ শক্তি লাভ করিবে। প্রকৃতপক্ষে আমরা **কোন নতুন শক্তি সৃষ্টি করিতে পারি না বা শক্তি ধ্বংসও করিতে পারি না**। বিজ্ঞানীগণ বিশ্বাস করেন যে, এই বিশ্ব-সৃষ্টির প্রথম দিন যে-পরিমাণ শক্তি ছিল আজও সেই পরিমাণ শক্তি বর্তমান। এই সূত্রকে **শক্তির নিত্যতা** বলে।

সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান

[GENERAL PHYSICS]

প্রথম পরিচ্ছেদ

মাপের একক ও পদ্ধতি

[Units and methods of measurement]

1-1. প্রাকৃতিক রাশি (Physical quantities) :

রাশি (Quantity) বলিতে এমন জিনিস বুঝায় যাহার পরিমাপ সম্ভব ; যেমন. একটি কাঠের টুকরার ওজন আছে আমরা বুঝিতে পারি এবং তুলা (balance) দ্বারা সেই ওজন মাপিতে পারি। কাজেই বস্তুর ওজনকে বলা হয় একটি রাশি। কোন ঘটনা কিছু সময় ধরিয়া ঘটিলে ঘড়ির সাহায্যে আমরা সেই সময় মাপিতে পারি। কাজেই 'সময়'কে আমরা বলিব একটি রাশি। পদার্থ বিজ্ঞান অধ্যয়নকালে এইরূপ বহু রাশির কথা আমরা জানিতে পারি। যেমন—ভর, দৈর্ঘ্য, গতিবেগ, ত্বরণ (acceleration), তড়িৎস্রোত ইত্যাদি। পদার্থ বিজ্ঞানের অন্তর্গত এই রাশিগুলিকে প্রাকৃতিক রাশি বলা হয়। এই প্রাকৃতিক রাশিকে দুই ভাগে ভাগ করা হইয়াছে :

(1) **স্কেলার** (Scalar) রাশি এবং (2) **ভেক্টর** (Vector) রাশি। যে-সমস্ত রাশির শুধু মান (magnitude) আছে কিন্তু দিক্‌নির্দেশের (direction) প্রয়োজন নাই তাহাদের স্কেলার রাশি বলে। যেমন, বস্তুর ভর। বস্তুর ভর বুঝাইতে গেলে কতখানি ভর শুধু তাহা বলিলেই হয়। দিক্‌নির্দেশের কোন অর্থ নাই—সেইজন্য ভর একটি স্কেলার রাশি। তেমনি সময়, আয়তন প্রভৃতি স্কেলার রাশির উদাহরণ।

যে-সমস্ত রাশির মান এবং দিক্‌নির্দেশ দুই-এরই প্রয়োজন তাহাকে বলা হয় ভেক্টর রাশি। বস্তুর ওজন একটি ভেক্টর রাশি। কারণ ওজন বলিতে আমরা বুঝি,—যে-বলের দ্বারা বস্তুটি পৃথিবীর কেন্দ্রের দিকে আকর্ষিত হইতেছে তাহা। কাজেই ওজনের একটি নির্দিষ্ট দিক্ (direction) আছে। তেমনি বল, বেগ (velocity) প্রভৃতি ভেক্টর রাশির উদাহরণ।

1-2. মাপের একক (Units of measurement) :

কোন একটি রাশির পরিমাপ বুঝাইতে গেলে তাহার একটি সুবিধাজনক পরিমাণকে নির্দিষ্ট মান (standard) ধরিয়া সমপ্রকার রাশির মাপ লওয়া হয়। ঐ নির্দিষ্ট মানকে মাপের **একক** (unit) বলা হয়। যেমন, যদি বলা

হয় একটি ঘর 20 ফুট লম্বা তাহা হইলে সহজেই ঘরটির **দৈর্ঘ্য** সম্বন্ধে ধারণা হয়। এখানে দৈর্ঘ্য একটি রাশি এবং ইহার পরিমাপের জন্য 'ফুট'-কে একক হিসাবে ধরা হইয়াছে।

যদি বলা হয় আমি অনেক চাউল কিনিলাম তাহা হইলে কতটা চাউল সে-সম্বন্ধে কিছুই বোঝা যায় না। কিন্তু যদি বলি 20 কিলোগ্রাম চাউল কিনিলাম, তাহা হইলে তৎক্ষণাৎ চাউলের পরিমাণ বোঝা যায়। এখানে কিলোগ্রামকে একক হিসাবে ব্যবহার করিয়া চাউলের **ভর**-কে (mass) বুঝানো হইল।

তেমনি, যদি বলা হয় ট্রেনটি বোম্বাই হইতে কলিকাতা পৌছিতে অনেক সময় লইতেছে, তাহা হইলে **সময়** সম্বন্ধে সঠিক কিছু বলা হইল না। সঠিক বলিতে হইলে বলিতে হইবে 30 ঘণ্টা কি 40 ঘণ্টা ইত্যাদি। অর্থাৎ সময়ের পরিমাপ করিতে একক হিসাবে এখানে ঘণ্টাকে ব্যবহার করা হইল।

এইভাবে দেখা যায় যে প্রত্যেক রাশির পরিমাপের জন্য এক একটি এককের প্রয়োজন। তাহা হইলে প্রশ্ন উঠিবে যে, পদার্থ বিজ্ঞানে ত' হাজার হাজার রাশির কথা আছে। উহাদের কি হাজার হাজার একক আছে? কিন্তু সৌভাগ্যক্রমে দেখা গিয়াছে যে রাশি অসংখ্য হইলেও, মাত্র তিনটি রাশির একক ঠিক করিয়া লইলে বাকী সব রাশির একক উহা হইতেই পাওয়া যাইবে। এই তিনটি রাশি হইল, (1) **দৈর্ঘ্য**, (2) **ভর** এবং (3) **সময়**। এই তিনটি রাশির একক পরস্পরের উপর নির্ভরশীল নহে। ইহাদের 'একক'কে বলা হয় **প্রাথমিক** (fundamental) একক। অন্যান্য রাশির একক—যাহা প্রাথমিক একক হইতে পাওয়া যায় তাহাদের বলা হয় **লব্ধ** (derived) একক।

1-3. এককের বিভিন্ন পদ্ধতি (Systems of units):

উপরের তিনটি প্রাথমিক একককে প্রকাশ করিবার দুইটি পদ্ধতি আছে।

(1) **সি. জি. এস্.** অথবা ফ্রেঞ্চ অথবা মেট্রিক পদ্ধতি (C. G. S. or French or Metric System)।

এখানে 'সি' শব্দটি বুঝাইতেছে সেন্টিমিটার → দৈর্ঘ্যের একক।

'জি' " " গ্রাম → ভরের একক।

'এস' " " সেকেণ্ড → সময়ের একক।

(2) **এফ্. পি. এস্.** অথবা বৃটিশ পদ্ধতি (F. P. S. or British system)

এখানে,

'এফ্' শব্দটি বুঝাইতেছে ফুট → দৈর্ঘ্যের একক।
'পি' „ „ পাউণ্ড → ভরের একক।
'এস্' „ „ সেকেণ্ড → সময়ের একক।

এই পদ্ধতি বিশেষ করিয়া বৃটিশ সাম্রাজ্যে ব্যবহৃত হয় এবং আংশিক ভাবে আমাদের দেশেও চালু আছে।

(3) উপরোক্ত দুইটি বিশেষ প্রচলিত পদ্ধতি ছাড়া আর একটি পদ্ধতি আজকাল ব্যবহৃত হইতেছে। ইহাকে **এম. কে. এস্.** (M. K. S.) পদ্ধতি বলে। এই পদ্ধতি অনুযায়ী

'এম্' শব্দটি বুঝাইতেছে মিটার → দৈর্ঘ্যের একক।
'কে' „ „ কিলোগ্রাম → ভরের একক।
'এস্' „ „ সেকেণ্ড → সময়ের একক।

পরিমাপের এই বিশেষ পদ্ধতিটি আমেরিকায় বহুল ব্যবহৃত হইতেছে। ইহার কয়েকটি বিশেষ সুবিধা আছে।

1-4. দৈর্ঘ্যের একক :

সেন্টিমিটার : সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী দৈর্ঘ্যের একক হইল সেন্টিমিটার।

ফ্রান্সের আন্তর্জাতিক বুরো অব ওয়েট্স্ অ্যাণ্ড মেজারস্-এ (International Bureau of Weights & Measures) রক্ষিত একটি প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম দণ্ডের (যাহার তাপমাত্রা 0° সেন্টিগ্রেড) উপর দুইটি নির্দিষ্ট দাগের অন্তর্বর্তী দূরত্বকে বলা হয় এক **মিটার** (Metre)। সেন্টিমিটার হইল মিটারের একশত ভাগের একভাগ। ছোট ছোট দৈর্ঘ্য বা খুব বড় দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্য সেন্টিমিটারের ভগ্নাংশ এবং গুণিতাংশ করা হইয়াছে। এখানে তাহার হিসাব দেওয়া হইল। এই ভগ্নাংশ বা গুণিতাংশ লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে ইহারা সর্বদা দশ ভাগ বা দশ গুণ। সি. জি. এস্. পদ্ধতির ইহা একটি বিশেষ সুবিধা।

10 মিলিমিটার [মি. মি.] (mm.) = 1 সেন্টিমিটার [সে. মি.] (cm).
10 সেন্টিমিটার = 1 ডেসিমিটার
10 ডেসিমিটার = 1 মিটার (মি.) (m).
10 মিটার = 1 ডেকামিটার
10 ডেকামিটার = 1 হেক্টোমিটার
10 হেক্টোমিটার = 1 কিলোমিটার (কি. মি.) (km).

ফুট ঃ এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী দৈর্ঘ্যের একক হইল ফুট।

লণ্ডনের বৃটিশ এক্সচেকারের (British Exchequer) অফিসে রক্ষিত একটি ব্রোঞ্জ দণ্ডের উপর (যাহার তাপমাত্রা হইল 62 ফারেনহাইট) দুইটি নির্দিষ্ট দাগের অন্তর্বর্তী দূরত্বকে বলা হয় এক **গজ**। এক ফুট এক গজের তিন ভাগের এক ভাগ। ছোট এবং বড দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্য ফুটের যে-ভগ্নাংশ ও গুণিতাংশ করা হইয়াছে, তাহা এইরূপ :—

1 মাইল = 1760 গজ
1 গজ = 3 ফুট
1 ফুট = 12 ইঞ্চি

ইহা ছাড়া 'ফার্লং' (Furlong) নামক একটি এককও ব্যবহৃত হয়

1 ফার্লং = 220 গজ
8 ফার্লং = 1 মাইল।

দৈর্ঘ্যের এককের দুই পদ্ধতির পারস্পরিক সম্বন্ধ ঃ

দৈর্ঘ্য প্রকাশের যে বিভিন্ন এককের কথা বলা হইল তাহাদের পারস্পরিক সম্বন্ধ এইরূপ :—

1 ইঞ্চি = 2·54 সেন্টিমিটার (সে. মি.)
1 ফুট = 30·48 „ (প্রায়)
1 গজ = 3 ফুট = 91·44 সেন্টিমিটার

$$= \frac{91 \cdot 44}{100} \text{ মিটার} = \cdot 9144 \text{ মিটার।}$$

অথবা,

1 সেন্টিমিটার = ·3971 ইঞ্চি = ·0328 ফুট।
1 মিটার = 1·09363 গজ।

1-5. ক্ষেত্রফল ও আয়তনের একক (Units of area and volume)—(লব্ধ একক) :

ক্ষেত্রফল ও আয়তনের একক আমরা দৈর্ঘ্যের একক হইতে গঠন করিতে পারি। এই কারণে এই দুইটি রাশির একককে **লব্ধ একক** বলা হইবে।

বর্গক্ষেত্রের একক :

যে-বর্গক্ষেত্রের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই এক সেন্টিমিটার লম্বা উহার ক্ষেত্রফল হইল সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী বর্গক্ষেত্রের একক এবং ইহার নাম 1 বর্গ সেন্টিমিটার (1 sq. cm.)।

তেমনি এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী বর্গক্ষেত্রের একক হইল এক বর্গফুট (1 sq. ft.)।

আয়তনের একক :

যে ঘন আয়তনের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটি 1 সেন্টিমিটার উহার আয়তনকে সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী আয়তনের একক বলা হয়। ইহার নাম এক ঘন সেন্টিমিটার (1 cubic-centimetre বা 1 c. c.)

তেমনি যে ঘন আয়তনের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটি 1 ফুট উহার আয়তনকে এফ্. পি. এস্ পদ্ধতি অনুযায়ী আয়তনের একক ধরা হয়। ইহাকে বলা হয় এক ঘন ফুট (1 cubic foot অথবা 1 c. ft.)

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে **'লিটার'** (litre) নামক আর একটি এককের দ্বারা আয়তনকে প্রকাশ করা হয়। বিশেষত তরল পদার্থের বেলায় এই একক ব্যবহৃত হয়।

1 লিটার = 1000 ঘন সেন্টিমিটার।

তেমনি, এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে তরলের আয়তন প্রকাশ করিবার জন্য **'গ্যালন'** (gallon) একক ব্যবহৃত হয়।

1 গ্যালন = 62°F তাপমাত্রায় 10 lb জলের আয়তন।

1-6. ভরের একক :

বস্তুর ভর বলিতে ঐ বস্তুতে কতটা পরিমাণ জড় পদার্থ (matter) আছে, তাহাই বুঝায়। যেমন. একটি লোহার বলে যতখানি লোহা আছে তাহাই বলটির ভর। সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুসারে ভরের একক হইল **গ্র্যাম**। প্যারিসে রক্ষিত একটি প্লাটিনাম-ইরিডিয়াম খণ্ডের ভরকে বলা হয় **কিলোগ্র্যাম**। গ্র্যাম এক কিলোগ্র্যামের হাজার ভাগের এক ভাগ।

সাধারণভাবে এক ঘন সেণ্টিমিটার জলকে 4° ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড তাপমাত্রায় রাখিলে উহার ভরকে এক গ্র্যাম ধরা হয়।

নিম্নে গ্র্যামের ভগ্নাংশ ও গুণিতাংশ দেওয়া হইল :

10 মিলিগ্র্যাম (mgm.)	= 1 সেণ্টিগ্র্যাম
10 সেণ্টিগ্র্যাম	= 1 ডেসিগ্র্যাম
10 ডেসিগ্র্যাম	= 1 গ্র্যাম (gm.)
10 গ্র্যাম	= 1 ডেকাগ্র্যাম
10 ডেকাগ্র্যাম	= 1 হেক্টোগ্র্যাম
10 হেক্টোগ্র্যাম	= 1 কিলোগ্র্যাম (kgm)

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ভরের একক হইল **পাউণ্ড** (lb)।

ওয়েস্টমিনস্টারের স্ট্যাণ্ডার্ড অফিসে রক্ষিত একখণ্ড প্লাটিনামের ভরকে এক পাউণ্ড ধরা হয়।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ভরের অন্যান্য যে-সমস্ত একক প্রচলিত আছে তাহা নিম্নে বলা হইল—

16 ড্রাম	= 1 আউন্স (oz.)
16 আউন্স	= 1 পাউণ্ড
28 পাউণ্ড	= 1 কোয়ার্টার
4 কোয়ার্টার	= 1 হন্দর (cwt.)
20 হন্দর	= 1 টন
কাজেই, 1 টন	= $20 \times 4 \times 28 = 2240$ পাউণ্ড।

ভারতীয় পরিমাপ অনুযায়ী 1 সের ভর 930 গ্র্যাম অর্থাৎ 93 kilogram-এর সমান।

গ্র্যাম ও পাউণ্ডের সম্বন্ধ :

মনে রাখিবে, 1 পাউণ্ড = 453·59 গ্র্যাম।

1-7. মেট্রিক বা দশমিক (Decimal) পদ্ধতির সুবিধা :

সি. জি. এস্ বা মেট্রিক পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্য বা ভরের একক লক্ষ্য করিলে দেখিতে পাইবে যে, যে-কোন একক তার পরবর্তী নিম্ন এককের দশগুণ বা তাহার অগ্রবর্তী উচ্চ এককের দশ ভাগের এক ভাগ। এই কারণে মেট্রিক পদ্ধতিকে **দশমিক** পদ্ধতিও বলা হয়। এই পদ্ধতির একটি মস্ত সুবিধা যে

এক একক হইতে অন্য এককে যাইতে হইলে দশমিক বিন্দু সরাইলেই চলিবে ; গুণ বা ভাগের প্রয়োজন নাই। যেমন, 593·21 মিটার = 59321 সেন্টিমিটার = 0·59321 কিলোমিটার ইত্যাদি। কিন্তু এফ. পি. এস. পদ্ধতিতে এই সুবিধা নাই। যেমন 3 গজ = 3 × 3 = 9 ফুট = 9 × 12 = 108 ইঞ্চি = $\frac{3}{1760}$ মাইল ইত্যাদি। তাছাড়া দৈর্ঘ্য, আয়তন ও ভরের একক মেট্রিক পদ্ধতিতে সুবিধাজনকভাবে সংশ্লিষ্ট। যথা, 1 ঘন সেন্টিমিটার জলের ওজন 1 গ্র্যাম। কিন্তু 1 ঘনফুট জলের ওজন 1 পাউণ্ড নয়, 62·5 পাউণ্ড।

এই সকল কারণে পৃথিবীর প্রায় সর্বত্র দশমিক পদ্ধতি ব্যবহৃত হইতেছে। আমাদের দেশে বিগত 1957 খ্রীষ্টাব্দের এপ্রিল মাস হইতে দশমিক পদ্ধতিতে মুদ্রা প্রচলিত হইয়াছে এবং 1961 খ্রীষ্টাব্দে ওজনও দশমিক পদ্ধতিতে প্রচলিত হইয়াছে।

1-8. সময়ের একক :

এফ. পি. এস. ও সি. জি. এস. উভয় পদ্ধতিতে সময়ের একক **'সেকেণ্ড'**। সূর্য পর পর কোনও স্থানের মধ্যরেখাকে (meridian) দুইবার অতিক্রম করিতে যে সময় নেয় তাহাকে এক **সৌরদিন** (solar day) বলা হয়। কয়েকটি কারণে বৎসরের সব সময় এই সৌরদিন ঠিক সমান থাকে না, একটু করিয়া পরিবর্তন করে। এক বৎসরে গড় লইলে যাহা হয় তাহাকে **গড় সৌরদিন** (mean solar day) বলে। এই গড় সৌরদিনের 24 ভাগের এক ভাগকে বলা হয় এক ঘণ্টা এবং ঘণ্টার 60 ভাগের এক ভাগকে বলা হয় এক মিনিট এবং মিনিটের 60 ভাগের এক ভাগকে বলা হয় এক সেকেণ্ড। অর্থাৎ, 24 ঘণ্টা = 1 গড় সৌরদিন। 60 মিনিট = 1 ঘণ্টা। 60 সেকেণ্ড = 1 মিনিট।

অথবা, 1 সেকেণ্ড = $\frac{1}{24 \times 60 \times 60}$ গড় সৌরদিন।

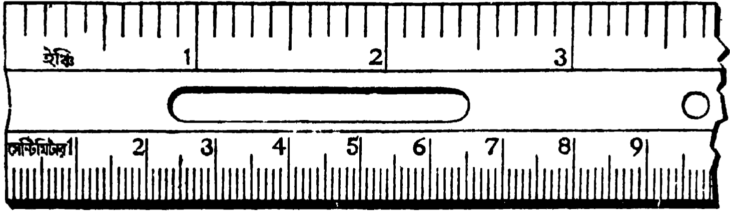
দৈর্ঘ্য, ভর এবং সময়ের পরিমাপ

(Measurement of length, mass and time)

1-9. দৈর্ঘ্যের পরিমাপ :

সাধারণত দৈর্ঘ্য মাপিবার জন্য আমরা যে-যন্ত্র ব্যবহার করি উহার নাম স্কেল।

একটি এক মিটার লম্বা কাঠের পাতের নিম্নার্ধে সেন্টিমিটার এবং সেন্টিমিটারের ভগ্নাংশ মিলিমিটার দাগ কাটা এবং উপরার্ধে ইঞ্চি এবং ইঞ্চির দশমাংশে দাগ কাটা যন্ত্রের নাম স্কেল (1ক নং চিত্র)। স্কেল অনেক সময়



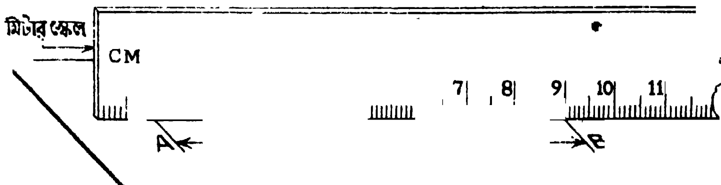
স্কেল

চিত্র 1ক

শুধু সেন্টিমিটার ও মিলিমিটারে দাগ কাটা থাকে। তখন উহাকে বলা হয় **মিটার স্কেল**। আবার শুধু ইঞ্চি এবং ইঞ্চির দশমাংশে দাগ কাটা থাকিলে তখন বলা হয় **ফুট-রুল**।

স্কেলের ব্যবহার ঃ

ধরা যাউক, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য স্কেল দিয়া মাপিতে হইবে। স্কেলটিকে এমনভাবে ধরিতে হইবে যে দাগ কাটা পাশটি AB লাইনটির সহিত লম্বালম্বিভাবে মিশিয়া যায়। A প্রান্তটি কোন একটি পূর্ণসংখ্যার (ধরা যাউক, 1 সেন্টিমিটার)



স্কেলের সাহায্যে দৈর্ঘ্য নির্ণয়

চিত্র 1খ

সহিত মিলাইয়া প্রান্তের পাঠ (reading) লইতে হইবে। মনে কর, B প্রান্তটি 8·9 এবং 9 সে. মি.-এর মাঝে কোথাও আছে (1খ নং চিত্র)। এইরূপ স্থলে B প্রান্তটির পাঠ লইতে গেলে চোখের আন্দাজের (eye-estimation)

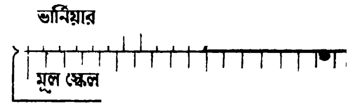
সাহায্যে 1 মিলিমিটারকে দশভাগে ভাগ করিয়া দেখিতে হইবে এবং ঐ হিসাবে B প্রান্তের পাঠ লইতে হইবে। ধরা যাউক, ঐ হিসাবমত B-প্রান্তের পাঠ 8·99 সে. মি.।

তাহা হইলে, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য = B প্রান্তের পাঠ − A প্রান্তের পাঠ
= 8·99 − 1 = 7·99 সে মি.।

এইরূপ আরো কয়েকবার পাঠ লইয়া উহার গড় বাহির করিলে AB লাইনের দৈর্ঘ্য পাওয়া যাইবে।

1-10. ভার্নিয়ার স্কেল (Vernier Scale) :

এই যন্ত্রটি ফরাসী গণিতবিদ্ পি. ভার্নিয়ার আবিষ্কার করেন। ইহা দ্বারা দৈর্ঘ্যের সূক্ষ্মতর মাপ নির্ভুলভাবে করা যায়। মিটার স্কেল দ্বারা 1 মিলিমিটারের ক্ষুদ্র অংশ পাঠ করিতে চোখের আন্দাজ (eye-estimation.) কাজে লাগাইতে হয়, তাহা আগেই বলা হইয়াছে। ইহাতে ভুল হইতে পারে। ঐ ভুল ভার্নিয়ার স্কেল দ্বারা দূর করা যায়। 1গ নং চিত্রে একটি ভার্নিয়ার স্কেল দেখানো হইয়াছে। ইহাতে মূল স্কেলের (main scale) গায়ে আর একটি ক্ষুদ্র স্কেল লাগানো থাকে ; উহাকেই ভার্নিয়ার বলে। ভার্নিয়ারটি মূল স্কেলের গা বাহিয়া দক্ষিণে বা বামে সরিতে পারে। ভার্নিয়ার স্কেলে যে ছোট ভাগগুলি থাকে তাহা মূল স্কেলের একটি ছোট ভাগের (অর্থাৎ 1 মি মি.) চাইতে কিছু ছোট। ছবিতে দেখিতে পাওয়া যাইতেছে যে, ভার্নিয়ারের 10 দাগ মূল স্কেলের 9 দাগ অর্থাৎ 9 মি. মি.-এর সমান। সাধারণত ভার্নিয়ারে এই রকম ভাগই থাকে। এই ভার্নিয়ারের সাহায্যে কোন দৈর্ঘ্য মাপিতে গেলে প্রথমে ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক (vernier constant) বাহির করিতে হইবে।



ভার্নিয়ার স্কেল.
চিত্র 1গ

ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক :

মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম এক দাগ এবং ভার্নিয়ার স্কেলের এক দাগের অন্তরফলকে ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক বলা হয়। ইহার দ্বারা এক মিলিমিটারের

ক্ষুদ্রতর অংশকে নির্ভুলভাবে মাপা সম্ভব। 1গ নং চিত্রে বোঝা যাইতেছে যে,

10 ভার্নিয়ার ভাগ = মূল স্কেলের 9 ভাগ

∴ 1 " " = " " $\frac{9}{10}$ "

$= \frac{9}{10} \times 1 = \frac{9}{10}$ মি.মি. [1 মূল স্কেলঘর = 1 m m.]

সুতরাং ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক $= (1 - \frac{9}{10})$ মি. মি. $= \frac{1}{10}$ মি. মি. = ·01 সে. মি.।

কাজেই দেখা যাইতেছে যে উপরোক্ত ভার্নিয়ার দ্বারা সব চাইতে ক্ষুদ্রতম যে-দৈর্ঘ্য মাপা যাইবে তাহা হইল 1 সেন্টিমিটারের 100 ভাগের 1 ভাগ অথবা 1 মি. মি.-এর 10 ভাগের 1 ভাগ।

[ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্কের সাধারণসূত্র (general formula) নিম্নলিখিতভাবে নির্ণয় করা যাইতে পারে :—

মনে কর, ভার্নিয়ারের 'm' ঘর = মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম $(m-1)$ ঘর

কাজেই, ভার্নিয়ারের 1 ঘর = মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম $\frac{m-1}{m}$ ঘর

∴ ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক $= \left(1 - \frac{m-1}{m}\right) \times$ মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘরের মান

$= \frac{1}{m} \times$ মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘরের মান।]

ভার্নিয়ারের ব্যবহার ঃ

মনে কর, AB লাইনটির দৈর্ঘ্য ভার্নিয়ারের সাহায্যে মাপিতে হইবে। মূল স্কেলের 0 দাগটি A প্রান্তের সহিত মিলাইয়া লও। চোখে দেখিয়া বোঝা যাইতেছে যে B প্রান্তটি 2 সে. মি.-এর কিছু বেশী (1ঘ নং চিত্র)।

মূল স্কেল 1 2 3
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
B ভার্নিয়ার

ভার্নিয়ারের সাহায্যে দৈর্ঘ্য নির্ণয়

চিত্র 1ঘ

চোখের আন্দাজে এই অংশটুকুর পাঠ লইলে কিছু ত্রুটি থাকিবে। ভার্নিয়ার দ্বারা ইহার নির্ভুল পাঠ সম্ভব। ইহার জন্য ভার্নিয়ারকে সরাইয়া ভার্নিয়ারের 0 দাগটি B প্রান্তের সহিত মিলাও। দেখ যে ভার্নিয়ারের 0 দাগটি মূল স্কেলের কত দাগ পার হইয়া গিয়াছে। এক্ষেত্রে 2 সে. মি. পার

হইয়াছে। কাজেই মূল স্কেলের পাঠ হইল 2 সে. মি.। বাকী অংশটুকু পাঠ করিতে হইলে দেখ ভার্নিয়ারের কোন দাগ মূল স্কেলের যে-কোন একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে কি-না। ভার্নিয়ারের দাগগুলি পর পর ভালভাবে লক্ষ্য করিলেই এই মিল ধরা পড়িবে। ছবিতে ভার্নিয়ারের 5 দাগ মূল স্কেলের একটি দাগের সহিত মিলিয়াছে। এক্ষণে ভার্নিয়ারের এই 5 দাগকে ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক দ্বারা গুণ করিলে যাহা পাওয়া যাইবে তাহা হইল B প্রান্তের বাকী অংশটুকুর পাঠ। অর্থাৎ $5 \times \cdot 01 = \cdot 05$ সে. মি. হইল বাকী অংশটুকুর নিভুর্ল পাঠ।

সুতরাং AB লাইনটির দৈর্ঘ্য = মূল স্কেল পাঠ + ভার্নিয়ার পাঠ × ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক

$$= (2 + 5 \times \cdot 01) \text{ cm.}$$
$$= 2 + \cdot 05 \text{ cm.}$$
$$= 2 \cdot 05 \text{ cm.}$$

[লেখকের 'ব্যবহারিক পদার্থ বিজ্ঞানে' বিস্তারিত বিবরণ দ্রষ্টব্য]।

উদাহরণ : একটি ব্যারোমিটারের ভার্নিয়ার স্কেল 20 ভাগে ভাগ করা হইয়াছে এবং ঐ 20 ভাগ মূল স্কেলের 19 ঘরের সহিত মেলে। মূল স্কেলের এক একটি ঘর 1 মি. মি.-এর সমান হইলে ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক বাহির কর।

[The vernier scale of a barometer contains 20 divisions which coincide with 19 divisions of the main scale. If each of the main scale divisions is equal to 1 m. m., calculate the vernier constant.]

উত্তর : 20 ঘর ভার্নিয়ার স্কেল = 19 ঘর মূল স্কেল।

∴ 1 " " " $= \frac{19}{20}$ " " "

$= \frac{19}{20}$ মি. মি.

সুতরাং ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক

= মূল স্কেলের এক ঘর − ভার্নিয়ার স্কেলের এক ঘর

$$= (1 - \tfrac{19}{20}) \text{ mm.}$$
$$= \tfrac{1}{20} \text{ mm.}$$
$$= \cdot 05 \text{ mm.} = \cdot 005 \text{ cm.}$$

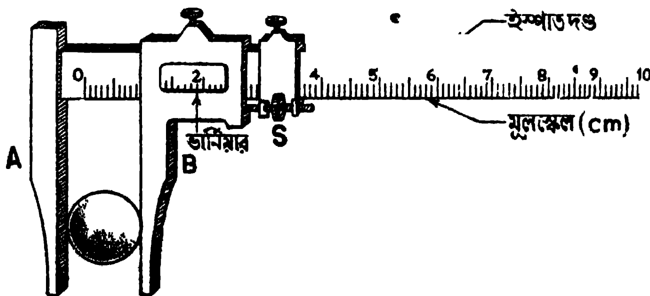
1-11. ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের পরিমাপ ঃ

ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্যের পরিমাপের জন্য সাধারণত তিনটি যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। উহারা হইতেছে (1) ভার্নিয়ার অথবা স্লাইড্ ক্যালিপার্স, (2) স্ক্রু-গেজ বা মাইক্রো-

মিটার স্ক্রু ও (3) স্ফেরোমিটার। কি ধরনের জিনিসের দৈর্ঘ্য মাপিতে হইবে তাহার উপর ইহাদের যে-কোন একটির ব্যবহার নির্ভর করে। যেমন, সরু তারের ব্যাস মাপিতে স্ক্রু-গেজ সুবিধাজনক কিন্তু পাতলা পাতের বে' (thickness) বা কোন বক্রতলের (spherical surface) বক্রতা-ব্যাসার্ধ (radius of curvature) মাপিতে স্ফেরোমিটার সুবিধাজনক। নিম্নে তিনটির বিবরণ ও কার্যপ্রণালী বলা হইল।

1-12. ভার্নিয়ার বা স্লাইড ক্যালিপার্স (Vernier or Slide callipers) :

বিবরণ : 1ঙ নং চিত্রে একটি স্লাইড ক্যালিপার্স দেখানো হইয়াছে। মূল স্কেলটি একটি ইস্পাতের দণ্ডের উপর কাটা হইয়াছে এবং উহা সেন্টিমিটার ও মিলিমিটারে ভাগ করা। দণ্ডের যে-দিক হইতে স্কেল সুরু সেইদিকে একটি দাড়া (jaw) A আছে। মূল স্কেলের গা বাহিয়া একটি ভার্নিয়ার চলাফেরা করিতে পারে এবং উহাকে আস্তে আস্তে সরাইবার জন্য একটি স্ক্রু-S লাগানো আছে। এই ভার্নিয়ারটির সঙ্গেও একটি দাড়া B আছে। যখন



স্লাইড ক্যালিপার্স

চিত্র 1ঙ

দুইটি দাড়া একসঙ্গে মিশিয়া থাকে তখন ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলের 0-দাগের সহিত মিশিয়া যায় এবং সে-ক্ষেত্রে যন্ত্রটির কোন যান্ত্রিক ত্রুটি (Instrumental error) থাকে না। সাধারণ ক্ষেত্রে ভার্নিয়ারের 10 ভাগ মূল স্কেলের 9 ভাগের সমান। মূল স্কেলের এক একটি ভাগ 1 মি. মি.। কাজেই ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক ·01 সে. মি.।

ব্যবহার প্রণালী : যে-জিনিসটির দৈর্ঘ্য মাপিতে হইবে (ধর, একটি ক্ষুদ্র [ব]লের ব্যাস) উহাকে দাড়া দুইটির মধ্যবর্তী স্থানে রাখিয়া ভার্নিয়ারটি আস্তে [আ]স্তে সরাইতে হইবে যতক্ষণ পর্যন্ত না দুইটি দাড়া বস্তুটির দুই পাশে আস্তে ঠেকিয়া থাকে (1ঙ চিত্র)। অতঃপর ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলের কত দাগ [প]ার হইয়াছে দেখিতে হইবে এবং পরে ভার্নিয়ারের কত সংখ্যক দাগ মূল স্কেলের [দা]গের সহিত মিলিয়াছে তাহা ভালভাবে লক্ষ্য করিতে হইবে। ভার্নিয়ারের এই [পা]ঠকে ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক দিয়া গুণ করিয়া মূল স্কেলের পাঠের সহিত যোগ [ক]রিলে বলটির ব্যাস নির্ভুলভাবে দুই দশমিক স্থান পর্যন্ত পাওয়া যাইবে।

কোন কোন ক্যালিপার্সে সে. মি. ও মি. মি-এর পরিবর্তে ইঞ্চিতে দাগ [ক]াটা থাকে এবং উহার স্থিরাঙ্কও তদনুযায়ী ভিন্ন হইতে পারে।

লক্ষ্য করিবার বিষয় :

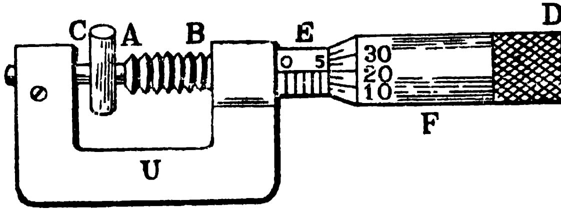
ক্যালিপার্স ব্যবহার করিতে গেলে প্রথমেই লক্ষ্য করিতে হইবে যে ইহাতে [য]ান্ত্রিক ত্রুটি (instrumental error) আছে কি-না। অর্থাৎ, দাড়া দুইটি মিশিয়া [থা]কিলে মূল স্কেলের 0-দাগ ভার্নিয়ারের 0-দাগের সহিত মিশিয়াছে কি-না। না [মি]শিলে যান্ত্রিক ত্রুটি আছে বুঝিতে হইবে। সে-ক্ষেত্রে যদি দেখা যায় যে ভার্নিয়ারের [0]-দাগ মূল স্কেলের 0-দাগের বামপাশে রহিয়াছে তাহা হইলে ঐ অবস্থায় ভার্নিয়ারের [য]-পাঠ হইবে তাহা বস্তুটির নির্ণীত দৈর্ঘ্যের সহিত যোগ করিতে হইবে। আর যদি [ভা]র্নিয়ারের 0-দাগ মূল স্কেলের 0-দাগের ডানদিকে থাকে তাহা হইলে ভার্নিয়ার পাঠ [নি]র্ণীত দৈর্ঘ্য হইতে বাদ দিতে হইবে। এইভাবে যান্ত্রিক ত্রুটিপূর্ণ ক্যালিপার্স দ্বারাও [প্র]কৃত দৈর্ঘ্য বাহির করা যায়।

1-13. স্ক্রু-গেজ বা মাইক্রোমিটার স্ক্রু (Screw Gauge or Micrometer Screw) :

খুব ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্য, যথা—সরু তারের ব্যাস, পাতলা পাতের বেধ (thickness) [প্র]ভৃতি নির্ভুলভাবে মাপিবার জন্য এই যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। 1চ নং চিত্রে [ই]হার ছবি দেখানো হইল।

বিবরণ : AB একটি ধাতব দণ্ড যাহার উপর স্ক্রু কাটা আছে। A [প্র]ান্তটি খুব সমতল। এই দণ্ডটি E ফাঁপা চোঙের ভিতর দিয়া সামনে-পিছনে [য]াতায়াত করিতে পারে। চোঙটির উপর উহার অক্ষের (axis) সমান্তরাল [এ]কটি মিলিমিটার স্কেল কাটা আছে। স্কেলটি যে-রেখার উপর কাটা সেই

রেখাটিকে মান-রেখা (reference line) বলে। চোঙটির গা বাহিয়া একটি বেষ্টনী F আছে, যাহার এক প্রান্তে একটি চক্রাকার (circular) স্কেল কাটা আছে। বেষ্টনীর অপর প্রান্তে অবস্থিত একটি টুপি (D) ঘুরাইলে বেষ্টনী ও AB দণ্ড সামনে-পিছনে চলাচল করিতে পারে। E চোঙটি একটি U-আকৃতি



স্ক্রু-গেজ

চিত্র 1চ

ইস্পাত দণ্ড দ্বারা C দণ্ডের সহিত দৃঢ়ভাবে আটকানো থাকে। C-দণ্ডটির যে-প্রান্ত AB দণ্ডের A প্রান্তের মুখোমুখি তাহা খুব সমতল। D টুপিটি ঘুরাইলে E চোঙের গা বাহিয়া F বেষ্টনীর ঘূর্ণন হইবে এবং তাহার ফলে বেষ্টনী ও AB দণ্ড সোজাসুজি অগ্রসর হইবে। কাজেই E চোঙের রৈখিক (linear) স্কেল লক্ষ্য করিলে F বেষ্টনীর একবার পূর্ণ ঘূর্ণনের ফলে AB দণ্ডটি কতটা অগ্রসর হইল তাহা সহজেই জানা যাইবে।

যন্ত্রের ব্যবহার ঃ এই যন্ত্রটি ব্যবহার করিতে গেলে সর্বপ্রথম ইহার লঘিষ্ঠ ধ্রুবক (least count) বাহির করিয়া লইতে হইবে। যন্ত্রটি নিম্নতম কত দৈর্ঘ্য মাপিতে সক্ষম তাহা উক্ত লঘিষ্ঠ ধ্রুবক হইতে জানা যায়। ইহা নির্ণয় করিতে গেলে চক্রাকার স্কেলের 0-দাগ রৈখিক স্কেলের মান-রেখার সহিত মিশাইয়া স্ক্রুটি পূর্ণ একবার ঘুরাইতে হইবে। তাহাতে বেষ্টনী বা AB দণ্ড রৈখিক স্কেল বরাবর যতটা সরিয়া আসিবে তাহাকে স্ক্রু-পিচ্ (pitch) বলা হয়। ধরা যাউক, বেষ্টনীটি রৈখিক স্কেলের 1 ঘর সরিয়া গেল। তাহা হইলে স্ক্রু-পিচ্ হইল 1 মি. মি.। এই পিচ্‌কে চক্রাকার স্কেলে মোট যে কয়টি দাগ আছে তাহা দিয়া ভাগ করিলে যন্ত্রটির লঘিষ্ঠ-ধ্রুবক পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ

$$\textbf{লঘিষ্ঠ ধ্রুবক} = \frac{\text{স্ক্রু-পিচ্}}{\text{চক্রাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা}}$$

[যদি চক্রাকার স্কেলে 100টি ভাগ থাকে এবং পিচ্ হয় 1 মি. মি. তাহা হইলে ল. ধ্রু. $= \frac{1}{100}$ মি. মি. $=$ ·01 মি. মি. অর্থাৎ যন্ত্রটি এক মিলিমিটারের 100 ভাগের এক ভাগ পর্যন্ত সঠিক মাপিতে পারিবে।]

ধরা যাউক, একটি সরু চোঙের ব্যাস মাপিতে হইবে। চোঙটিকে C এবং A প্রান্তের মাঝখানে রাখিয়া D টুপিটি আস্তে আস্তে ঘুরাইতে হইবে যতক্ষণ পর্যন্ত না চোঙটির দুই পাশে A এবং C প্রান্ত ঠেকিয়া যায়। E চোঙের রৈখিক স্কেলটির সর্বশেষে দৃষ্ট সংখ্যা পড়। চোখে দেখা যাইতেছে (চিত্র 1চ) 5 মি. মি. পার হইয়াছে। কাজেই রৈখিক স্কেল পাঠ 5 মি. মি.। বাকী অংশটুকু চক্রাকার স্কেল হইতে পাওয়া যাইবে। তজ্জন্য লক্ষ্য কর রৈখিক স্কেলের মান রেখার সহিত চক্রাকার স্কেলের কোন্ দাগ মিলিয়াছে। এক্ষেত্রে 20 দাগ। তাহা হইলে চক্রাকার স্কেল পাঠ হইল 20। ইহাকে যন্ত্রের লঘিষ্ঠ ধ্রুবক দিয়া গুণ করিলে এবং রৈখিক স্কেল পাঠের সহিত যোগ করিলে নির্দিষ্ট ব্যাস পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ,

$$\text{চোঙটির ব্যাস} = 5 \text{ mm.} + (20 \times \cdot 01) \text{ mm.}$$
$$= (5 + \cdot 2) \text{ mm.} = 5{\cdot}2 \text{ mm}$$

লক্ষ্য করিবার বিষয় :

(1) এখানেও প্রথমে লক্ষ্য করিতে হইবে কোন যান্ত্রিক ত্রুটি আছে কিনা। অর্থাৎ A ও C প্রান্তের মধ্যে কোন জিনিস না রাখিয়া উভয়কে মিশাইলে যদি চক্রাকার স্কেলের 0-দাগ রৈখিক স্কেলের 0-দাগের সহিত মিলিয়া যায় তবে যন্ত্র ত্রুটিহীন। অন্যথায় যন্ত্রটির ত্রুটি আছে। ক্রমাগত ব্যবহারের ফলে যন্ত্রে ত্রুটি আসা স্বাভাবিক। সে ক্ষেত্রে দেখিতে হইবে যে A এবং C প্রান্তদ্বয় মিশিয়া গেলে যদি চক্রাকার স্কেল রৈখিক স্কেলের 0-দাগ পর্যন্ত না পৌঁছায় তবে ঐ অবস্থায় যে-পাঠ পাওয়া গেল তাহা নির্ণীত দৈর্ঘ্য হইতে বাদ দিতে হইবে। পক্ষান্তরে যদি চক্রাকার স্কেল রৈখিক স্কেলের 0-দাগ ছাড়াইয়া যায় তবে ঐ অবস্থায় পাঠ নির্ণীত দৈর্ঘ্যের সহিত যোগ দিতে হইবে।

(2) লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে A এবং C প্রান্তদ্বয় বস্তুকে যেন খুব জোরে চাপিয়া না ধরে।

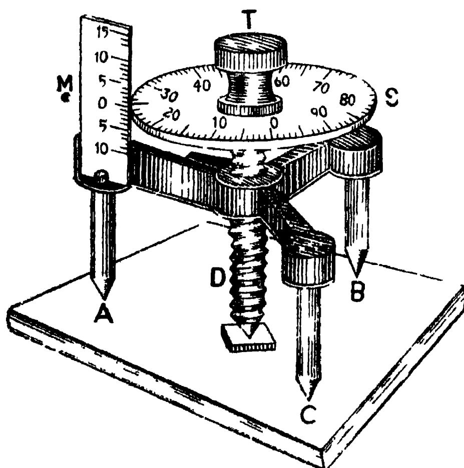
1-14. স্ফেরোমিটার (Spherometer) : এই যন্ত্রের দ্বারা অবতল (concave) বা উত্তল (convex) পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ অথবা পাতলা পাতের বেধ (thickness) মাপা যায়। স্ফেরোমিটারের মূলনীতি (principle) স্ক্রু-গেজেরই মত।

বিবরণ ঃ

1ছ নং চিত্রে একটি স্ফেরোমিটার দেখানো হইয়াছে। A, B এবং C একটি ত্রিপদ আসন এবং উহারা একটি সমবাহু ত্রিভুজের শীর্ষবিন্দু। এই আসনের মধ্যস্থল হইতে একটি প্যাঁচ-কাটা দণ্ড (D) উপর নীচ যাতায়াত করিতে পারে। দণ্ডটির নিম্নপ্রান্ত উপরোক্ত সমবাহু ত্রিভুজের কেন্দ্রবিন্দু স্পর্শ করিতে পারে। উপর প্রান্তে একটি চক্রাকার স্কেল (S) আটকানো আছে। চক্রাকার স্কেলের উপর একটি টুপি (T) আছে যাহা দ্বারা D-screwটিকে এবং সঙ্গে সঙ্গে চক্রাকার স্কেলটিকে ঘুরাইয়া উপর নীচে চালানো যাইতে পারে। চক্রাকার স্কেলটি আবার একটি খাড়া রৈখিক স্কেলের (M) গা বাহিয়া চলাচল করে। এই রৈখিক স্কেলটি 0-দাগ মাঝে রাখিয়া উপরে এবং নীচে মিলিমিটারে ভাগ করা থাকে।

যন্ত্রের ব্যবহার ঃ লঘিষ্ঠ ধ্রুবক নির্ণয় ঃ

স্ক্রু গেজের মত এই যন্ত্রেরও সবপ্রথম লঘিষ্ঠ ধ্রুবক বাহির করিতে হইবে তজ্জন্য চক্রাকার স্কেলটির 0 দাগ রৈখিক স্কেলটির 0 দাগের সহিত মিলাইয়া লইয়া T টুপিটি দ্বারা চক্রাকার স্কেলটিকে সম্পূর্ণ একবার ঘুরাইয়া দিতে হইবে। ইহার ফলে চক্রাকার স্কেলটি রৈখিক স্কেলটির গা বাহিয়া যতটা নামিবে বা উঠিবে তাহাই হইল যন্ত্রটির পিচ। যদি 1 মি মি নামে বা উঠে তবে পিচ্ হইবে 1 মি মি। ঐ পিচ্‌কে চক্রাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে লঘিষ্ঠ ধ্রুবক মিলিবে। অতএব,



স্ফেরোমিটার

চিত্র 1ছ

$$\text{ল. ধ্রু.} = \frac{\text{স্ক্রু-পিচ্}}{\text{চক্রাকার স্কেলের মোট ভাগ সংখ্যা}}$$

[যদি পিচ্ হয় 1 মি. মি. এবং চক্রাকার স্কেলে 100টি ভাগ থাকে তবে ল. ধ্রু. $\frac{1}{100}$ মি. মি. = ·01 মি. মি.। অর্থাৎ যন্ত্রটি এক মিলিমিটারের 100 ভাগের এক ভাগ দৈর্ঘ্য মাপিতে সক্ষম।]

(i) **কাচখণ্ডের বেধ (thickness) পরিমাপ :**

ধরা যাউক, একখণ্ড কাচের প্লেটের বেধ মাপিতে হইবে। প্রথমে একটি সমতল কাচপৃষ্ঠে যন্ত্রটি বসাইয়া T-টুপি দ্বারা D-পাদবিন্দুটিকে আস্তে আস্তে ঘুরাইয়া কাচের সঙ্গে সন্থ লাগাইতে হইবে। লাগানো বেশী হইলে যন্ত্রটিকে একটু স্পর্শ করিলেই ঠক্ ঠক্ করিবে। আর লাগানো কম হইলে D-পাদ-বিন্দুর ছায়ার সহিত পাদবিন্দুর দূরত্ব কাচের ভিতর দিয়া লক্ষ্য করিলেই ধরা পড়িবে। এইভাবে D-পাদবিন্দুকে কাচের সহিত ঠিকভাবে লাগাইতে হইবে। অতঃপর S-চক্রাকার স্কেল M-রৈখিক স্কেলের যে পূর্ণ মিলিমিটার সংখ্যা পার হইয়া গিয়াছে তাহা লক্ষ্য করিতে হইবে। উহাই হইবে রৈখিক স্কেল পাঠ। বাকী অংশটুকু চক্রাকার স্কেল হইতে জানিতে হইবে। এইজন্য লক্ষ্য করিতে হইবে যে চক্রাকার স্কেলের কোন্ দাগটি রৈখিক স্কেলের বিরুদ্ধে (against) দাঁড়াইয়া আছে। ঐ পাঠকে লঘিষ্ঠ ধ্রুবক দ্বারা গুণ করিয়া রৈখিক স্কেলের পাঠের সহিত যোগ করিলে যন্ত্রের প্রাথমিক অবস্থান নির্দিষ্ট হইবে।

অতঃপর যে-কাচখণ্ডের বেধ মাপিতে হইবে তাহা পূর্বের সমতল কাচ খণ্ডের মধ্যস্থলে স্থাপন কর যাহাতে D-পাদবিন্দুটি নামিয়া আসিয়া উহাকে স্পর্শ করিতে পারে (1ছ নং চিত্র)। T-টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুকে ঐ কাচখণ্ডের সহিত সন্থ স্পর্শ করাও এবং পূর্বের ন্যায় রৈখিক ও চক্রাকার স্কেলের পাঠ লও। প্রাথমিক পাঠ ও দ্বিতীয় পাঠের অন্তরফলই কাচখণ্ডের বেধ।

(ii) **বক্রপৃষ্ঠের বক্রতা নির্ণয় :**

যদি কোন অবতল বা উত্তল পৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ মাপিতে হয় তাহা হইলে একটি সমতল কাচপৃষ্ঠের প্রাথমিক পাঠ পূর্বের ন্যায় লইতে হইবে। অতঃপর বক্রপৃষ্ঠটি ঐ সমতল কাচপৃষ্ঠের উপর বসাইয়া যন্ত্রটি ঐ বক্রপৃষ্ঠের উপর বসাইতে হইবে। প্রথমে T-টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুকে বেশ খানিকটা

তুলিয়া লইতে হইবে। অতঃপর আস্তে আস্তে টুপি ঘুরাইয়া D-পাদবিন্দুটিকে নামাইতে নামাইতে পাদবিন্দুটিকে বক্রপৃষ্ঠের সহিত সদ্য স্পর্শ করাইতে হইবে। এই অবস্থায় রৈখিক ও চক্রাকার স্কেল হইতে যে-পাঠ পাওয়া যাইবে তাহা হইল দ্বিতীয় পাঠ। প্রাথমিক ও দ্বিতীয় পাঠের অন্তর, ধরা যাউক, h, (1জ নং চিত্র)। অতঃপর A, B ও C পাদবিন্দুত্রয় (চিত্র 1ছ) যে সমবাহু ত্রিভুজ গঠন করে তাহাদের বাহুত্রয়ের গড় দৈর্ঘ্য যদি 'a' বলা হয় তবে বক্রপৃষ্ঠের বক্রতা-ব্যাসার্ধ 'R' নিম্নলিখিত সমীকরণ (equation) হইতে পাওয়া যাইবে।

চিত্র 1জ

$$R=\frac{a^2}{6h}+\frac{h}{2}$$

[**সমীকরণের প্রমাণ :**

স্ফেরোমিটার যন্ত্রের তিনটি পা যে সমবাহু ত্রিভুজ গঠন করে, মনে কর, ABC হইল ঐ ত্রিভুজ (1ঝ নং চিত্র)। D এই ত্রিভুজের কেন্দ্রবিন্দু অর্থাৎ স্ফেরোমিটারের মধ্যস্থল হইতে যে পাঁচ-কাটা দণ্ড আছে উহার পাদবিন্দু D-কে স্পর্শ করিবে। F হইল BC বাহুর মধ্যবিন্দু।

অতএব, $AB=AC=BC=a$, এবং $BF=\frac{BC}{2}=\frac{a}{2}$,

কাজেই, $AF^2=AB^2-BF^2$

$$=a^2-\frac{a^2}{4}=\frac{3}{4}a^2$$

$$\therefore \quad AF=\frac{\sqrt{3}}{2}.a$$

কিন্তু, $AD=\frac{2}{3}.AF=\frac{2}{3}.\frac{\sqrt{3}}{2}.a=\frac{a}{\sqrt{3}}$

এখন 1ঝ নং চিত্র দেখ। স্ফেরোমিটারের প্যাঁচকাটা দণ্ডের পাদবিন্দু বক্রপৃষ্ঠের E বিন্দুকে স্পর্শ করিয়াছে। পৃষ্ঠটি বক্র না হইয়া সমতল হইলে পাদবিন্দু D বিন্দুকে স্পর্শ করিত। সুতরাং ED = h. এখন ED সরল রেখা টানিলে উহা বক্র-পৃষ্ঠের কেন্দ্রবিন্দু দিয়া চলিয়া যাইবে এবং বক্র-পৃষ্ঠের অপর পার্শ্বে M বিন্দুকে স্পর্শ করিবে।

সুতরাং EM বক্রপৃষ্ঠের বক্রতার ব্যাস

অথবা EM = 2R

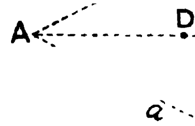
এখন, আমরা বৃত্তের জ্যামিতি হইতে জানি,

$$AD^2 = ED.,\ DM$$

বা, $$\left(\frac{a}{\sqrt{3}}\right)^2 = h(2R - h)$$

বা, $$\frac{a^2}{3} = 2R.h - h^2$$

$$\therefore\ R = \frac{a^2}{6h} + \frac{h}{2}$$



চিত্র 1ঝ

1-15. ক্ষেত্রফলের পরিমাপ :

অনেক সমতল ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল পরিমাপের জন্য উহাদের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ অথবা উচ্চতা মাপিলেই ক্ষেত্রফল জানা যায় এবং ভার্নিয়ার, স্লাইড্ ক্যালিপার্স, স্ক্রু-গেজ প্রভৃতি দ্বারা ঐগুলি পরিমাপ সম্ভব। নিম্নে কতকগুলি সুষম (regular) সমতল ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল পরিমাপের সূত্র দেওয়া হইল :

আয়তক্ষেত্রের (rectangle) ক্ষেত্রফল = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ

ত্রিভুজের (triangle) ক্ষেত্রফল = $\frac{1}{2}$ × ভূমিরেখা (base) × উচ্চতা (altitude)

বৃত্তের (circle) $= \pi \times (\text{ব্যাসার্ধ})^2 = \pi \times \frac{(\text{ব্যাস})^2}{4}$

গোলকের (sphere) উপরতলের ক্ষেত্রফল $= 4\pi \times (\text{ব্যাসার্ধ})^2$

$= \pi \times (\text{ব্যাস})^2$

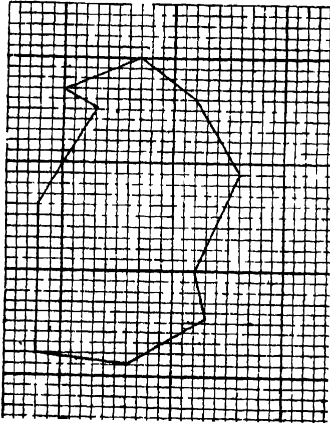
চোঙের (cylinder) বক্র-পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল = π × ব্যাস × দৈর্ঘ্য।

উদাহরণস্বরূপ ধরা যাউক, একটি গোল বলের উপরতলের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করিতে হইবে। স্লাইড্ ক্যালিপার্স দ্বারা বলটির ব্যাস মাপিয়া লইলে সহজেই ক্ষেত্রফল পাওয়া যাইবে। কারণ,

গোলকের উপরতলের ক্ষেত্রফল $= \pi \times (\text{ব্যাস})^2$

অসম আকৃতির ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল নির্ণয়ঃ

ক্ষেত্র অসম (irregular) আকৃতির হইলে ছক কাগজের (squared paper) সাহায্যে ক্ষেত্রফল সহজে নির্ণয় করা যায়। 1ঞ নং চিত্রে এই পদ্ধতি বুঝানো হইয়াছে। এই প্রসঙ্গে একটি কথা মনে রাখা উচিত যে ক্ষেত্র ছোট হইলে এই পদ্ধতি দ্বারা নির্ভুল ক্ষেত্রফল পাওয়া যায় না।



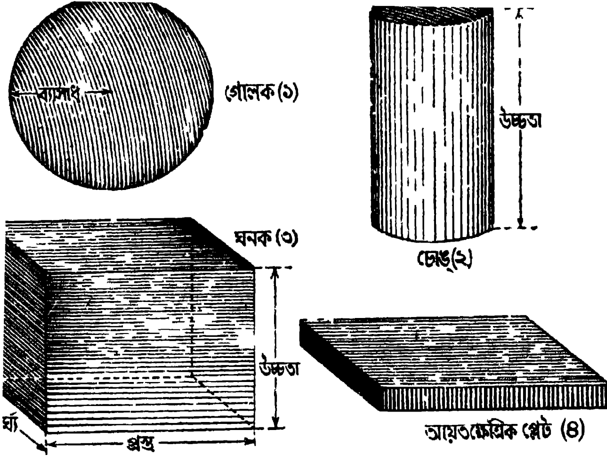
চিত্র 1ঞ

একটি ছক কাগজ লও এবং উহার প্রত্যেকটি ক্ষুদ্র ঘরের বর্গক্ষেত্র নির্ণয় কর। সাধারণত যে ছক-কাগজ পাওয়া যায় উহার প্রত্যেক ক্ষুদ্র ঘরের বর্গক্ষেত্র $\frac{1}{100}$ sq inch এখন যে সমতল ক্ষেত্রের ক্ষেত্রফল নির্ণয় করিতে হইবে উহার সীমানা পেনসিল দিয়া ছক-কাগজে আঁক (চিত্র দেখ)। ক্ষেত্র খুব বৃহৎ হইলে তদনুযায়ী স্কেল নির্বাচন করিতে হইবে। যেমন, একটি ছোট ঘর অর্থাৎ 0.1 inch = 1 mile ধরিলে, দশটি ছোট ঘর 10 miles বুঝাইবে। এক্ষেত্রে সীমানা আঁকিবার স্কেল হইল 1 inch = 10 miles। এই সীমানার মধ্যে যে-কয়টি পূর্ণ ক্ষুদ্র বর্গক্ষেত্র আছে তাহা গণনা কর। এইবার সীমানার মধ্যে অবস্থিত আংশিক বর্গক্ষেত্রগুলি গণনা করিতে হইবে। যে বর্গক্ষেত্রগুলির অর্ধেকের বেশী সীমানার ভিতরে আছে উহাদের পুরা বর্গক্ষেত্র ধরিবে এবং যেগুলির অর্ধেকের বেশী সীমানার বাহিরে আছে উহাদের বাদ দিবে। ঠিক অর্ধেক ভিতরে থাকিলে ঐরূপ দুইটিকে একটি পুরা বর্গক্ষেত্র ধরিবে। এইরূপে সীমানার অন্তর্গত মোট বর্গক্ষেত্রগুলি গণনা করিলে উহা হইতে সহজে ক্ষেত্রফল নির্ণয় করা যাইবে।

ক্ষেত্রফল = বর্গক্ষেত্রের মোট সংখ্যা × একটি বর্গের ক্ষেত্রফল।

1-16. আয়তনের পরিমাপ ঃ

বহু সুষম কঠিন বস্তুর (solid figures) দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা মাপিলেই বস্তুটির আযতন বাহির করা যায়। তজ্জন্য আমরা ভার্নিয়ার স্কেল, স্লাইড



চিত্র 1ত

ক্যালিপার্স বা স্ক্রু-গেজ ব্যবহার করিতে পারি। এখানে (চিত্র 1ত) কয়েকটি সুষম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আযতনের সূত্র দেওয়া হইল –

Parallelepiped-এর আয়তন = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ × উচ্চতা।

ঘনক (cube) ,, ,, = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ × উচ্চতা = (দৈর্ঘ্য)^3

গোলকের আয়তন = $\frac{4}{3}\pi r^3$ (r = ব্যাসার্ধ)।

খাড়া গোলমুখ (right circular) চোঙের আয়তন = গোল প্রান্তের ক্ষেত্রফল × উচ্চতা।

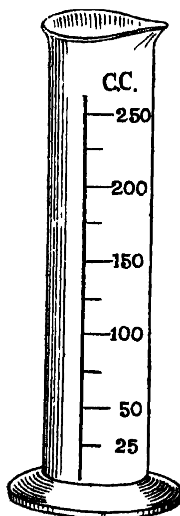
ধরা যাউক একটি খাড়া চোঙের আয়তন নির্ণয় করিতে হইবে। চোঙটির দৈর্ঘ্য ও গোল মুখের ব্যাস অনায়াসে স্লাইড ক্যালিপার্স দ্বারা নির্ণয় করিয়া নিম্নোক্ত সূত্রদ্বারা আয়তন বাহির করা যাইবে।

খাড়া গোলমুখ চোঙের আয়তন = গোল প্রান্তের ক্ষেত্রফল × উচ্চতা

$$= \frac{\pi d^2}{4} \times h$$

[d = গোলমুখের ব্যাস ও h = উচ্চতা]।

অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন আর্কিমিডিসের নীতি প্রয়োগ করিয়া নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতি তৃতীয় পরিচ্ছেদে আলোচনা করা হইয়াছে (3-7 অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)।



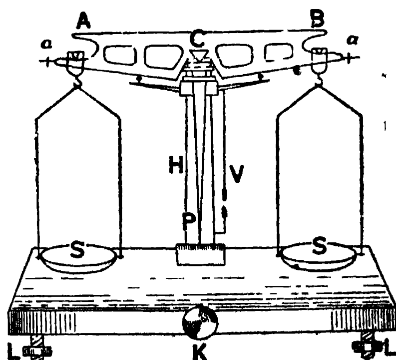
আয়তন মাপক চোঙ
চিত্র 1থ

তরল পদার্থের আয়তন মাপিবার জন্য ঘন সেন্টিমিটার (c.c.) দাগ কাটা একপ্রকার আয়তন মাপক চোঙ্ (measuring cylinder) ব্যবহার করা হয়। 1থ নং চিত্রে ঐরূপ একটি চোঙ্ দেখানো হইল।

1-17 ভরের পরিমাপ (Measurement of mass) **:**

বিভিন্ন দ্রব্যের ভর মাপিবার বিভিন্ন উপায় আছে। সাধারণত ভর মাপিবার জন্য পরীক্ষাগারে যে-যন্ত্রটি ব্যবহৃত হয় তাহার নাম সাধারণ তুলা (common balance)। এই তুলার সাহায্যে কতগুলি প্রমাণ বাটখারার (standard weights) সহিত তুলনামূলক ভাবে কোন দ্রব্যের ভর নির্ণয় করা হয়। নিম্নে তুলার প্রধান অংশের বিবরণ দেওয়া হইল (1দ নং চিত্র)।

(ক) **তুলাদণ্ড** (Balance beam) **:** ইহা একটি লম্বা দণ্ড (AB)। এই দণ্ডের ঠিক মাঝখানে একটি অ্যাগেট্ অথবা ইস্পাত-নির্মিত ক্ষুরধার (knife-edge) ত্রিভুজাকৃতি টুকরা (C) শক্ত ভাবে আটকানো আছে। এই টুকরাটি একটি ছোট অ্যাগেট্ প্লেটের উপর রাখা থাকে এবং অ্যাগেট্ প্লেটটি একটি খাড়া স্তম্ভ (pillar) H-এর ভিতর হইতে ঢুকানো একটি দণ্ডের (rod) উপর সংযুক্ত। K-চাবিটি ঘুরাইলে দণ্ডটি উপর উঠিতে বা নীচে নামিতে পারে। উপরে উঠাইলে C-এর উপর



সাধারণ তুলা
চিত্র 1দ

রক্ষিত তুলাদণ্ডটি C-এর ক্ষুরধারের উপর দোল খাইবে এবং নীচে নামাইয়া রাখিলে তুলাদণ্ডটি স্থির থাকিবে। C-এর এই ধারকে বলা হয় আলম্ব (fulcrum)।

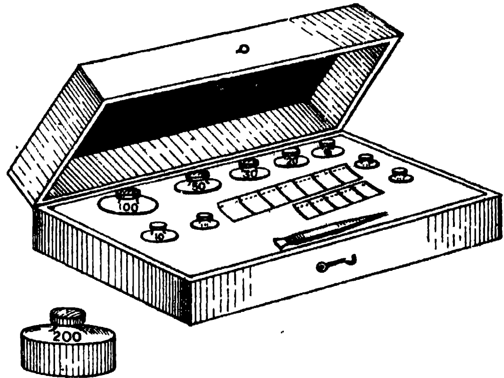
(খ) **সূচক** (Pointer): ইহা একটি সরু কাঁটা এবং তুলাদণ্ডের ঠিক মাঝখানে লম্বভাবে আবদ্ধ। যখন তুলাদণ্ডটি দোল খায় তখন সূচকটিও দুলিতে থাকে এবং সূচকের তীক্ষ্ণ প্রান্ত (pointed end) স্কেলের গা ঘেঁষিয়া চলাচল করে। তুলাদণ্ড স্থির থাকিলে তীক্ষ্ণপ্রান্ত স্কেলের 0-দাগের সহিত মিশিয়া থাকে।

(গ) **তুলাপাত্র** (Scale pan): S এবং S দুইটি সমান ওজনের পাত্র A এবং B প্রান্ত হইতে দুইটি স্টীরাপ (stirrup) দ্বারা ঝুলানো থাকে। বাম পাশের পাত্রে পরিমেয় দ্রব্যটি রাখিয়া ডানপাশের পাত্রে প্রমাণ বাটখারা রাখিতে হয়।

(ঘ) A এবং B প্রান্তে দুইটি স্ক্রু (*a*, *a*) লাগানো আছে। তুলাপাত্র খালি থাকিলে তুলাদণ্ডটি যদি অনুভূমিক (horizontal) না হয় তাহা হইলে ঐ স্ক্রু দুইটি ঘুরাইয়া ঘুরাইয়া তুলাদণ্ডটি অনুভূমিক করিতে হয়।

(ঙ) **ওলন-দড়ি** (Plumb line): প্রত্যেক তুলার সহিত একটি ওলন-দড়ি (V) থাকে। ইহার সাহায্যে স্তম্ভ H ঠিক খাড়া আছে কি-না বোঝা যায়।

(চ) **ওজনের বাক্স** (Weight box): যদিও বাক্সটি তুলার সংলগ্ন কোন অংশ নয় তথাপি তুলার সাহায্যে ভর মাপিতে এই বাক্সের প্রয়োজন। 1থনং চিত্রে এই বাক্সের ছবি দেখানো হইল। এই বাক্সের বিভিন্ন খাপে বিভিন্ন ওজনের প্রমাণ বাটখারা সাজানো থাকে। যেমন, 100 গ্র্যাম, 50 গ্র্যাম ইত্যাদি। খাপ হইতে বাটখারা তুলিয়া তুলাপাত্রে রাখিবার জন্য একটি চিমটা (forcep) বাক্সের সহিত দেওয়া থাকে।



ওজনের বাক্স
চিত্র 1ধ

কোন জিনিসের ভর মাপিবার সময় তুলাটি হাওয়ার দ্বারা যাহাতে বাধাপ্রাপ্ত না হয় তাহার জন্য যন্ত্রটিকে একটি কাচের বাক্সের মধ্যে রাখা হয়।

সাধারণভাবে তুলার ব্যবহার ঃ

তুলাটির যদি কোনরকম ত্রুটি না থাকে তবে সাধারণভাবে বস্তুর ভর মাপিবার জন্য নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বন করা হয়।

পরিমেয় বস্তুটিকে বাম তুলাপাত্রে রাখিয়া ডান তুলাপাত্রে ওজনের বাক্স হইতে আন্দাজমত একটি একটি করিয়া বাটখারা তুলিয়া রাখ এবং দেখ যে কখন তুলাদণ্ডটি অনুভূমিক হইল। তুলাদণ্ডটি অনুভূমিক হইলে সূচকের তীক্ষ্ণ প্রান্ত স্কেলের 0-দাগের সহিত মিলিয়া থাকিবে। ঐ অবস্থায় ডান তুলাপাত্রে রক্ষিত বাটখারার মোট ভর দ্রব্যটির ভরের সমান।

[**দ্রষ্টব্য ঃ** লেখকের 'ব্যবহারিক পদার্থ-বিজ্ঞান' পুস্তকে বিশদ বিবরণ দ্রষ্টব্য।]

একথা সর্বদা মনে রাখিতে হইবে যে, তুলাযন্ত্রে প্রমাণ বাটখারার ভরের সহিত তুলনামূলকভাবে বস্তুর ভর বাহির করা হয়।

ভাল তুলার আবশ্যকীয় গুণ (Requisites of a good balance) :

নিম্নলিখিত গুণগুলি থাকিলে তুলাকে ভাল বলা হইবে :—

(1) তুলা **সুবেদী** (sensitive) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, দুই তুলাপাত্রে রক্ষিত দুই বস্তুর ভরের সামান্য তফাৎ থাকিলে দণ্ডটি কাত হইয়া যাইবে—অনুভূমিক থাকিবে না।

(2) তুলা **নির্ভুল** (true) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, ঠিক সমান ভরের দুই বস্তু তুলাপাত্রে রাখিলে অথবা দুই তুলাপাত্র খালি থাকিলে তুলাদণ্ড অনুভূমিক থাকিবে।

(3) তুলা **প্রতিষ্ঠ** (stable) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, সূচকটি একবার আন্দোলিত হইলে পুনরায় সাম্য অবস্থানে শীঘ্র ফিরিয়া আসিবে—দীর্ঘ সময় ধরিয়া আন্দোলিত হইবে না।

(4) তুলা **দৃঢ়** (rigid) হওয়া প্রয়োজন। অর্থাৎ, তুলার বিভিন্ন অংশগুলি মজবুত হইবে।

1-18 তুলাযন্ত্রে ওজন করিবার নীতি (Principle of weighing by balance)

তুলাযন্ত্রে কোনরূপ ত্রুটি না থাকিলে এক তুলাপাত্রে পরিমেয় বস্তু রাখিয়া অন্য তুলাপাত্রে প্রমাণ বাটখারা চাপাইয়া তুলাদণ্ড অনুভূমিক করিলে বাটখারার মোট ওজনকে পরিমেয় বস্তুর ওজন বলিয়া গণ্য করা হয়। 18 (i) নং চিত্রে বস্তুর ওজন তুলাদণ্ডকে O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া যে দিকে ঘুরাইবার চেষ্টা করিবে বাটখারার ওজন তুলাদণ্ডকে তাহার বিপরীত দিকে ঘুরাইবার চেষ্টা করিবে।







ওজন করিবার পদ্ধতি
চিত্র 18 (i)

তুলাদণ্ড অনুভূমিক হইলে আমরা বলিতে পারি,

বস্তুর ওজন × AO = বাটখারার ওজন × BO

যেহেতু, AO = BO, কাজেই, বস্তুর ওজন = বাটখারার ওজন।

আবার, যেহেতু ওজন ভরের সমানুপাতিক সেইহেতু এ ক্ষেত্রে,

বস্তুর ভর = বাটখারার ভর

তুলাদণ্ডের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য সমান না হইলেও আমরা বস্তুর প্রকৃত ওজন নির্ণয় করিতে পারি। মনে কর, AO এবং BO সমান নয়। ধর, AO = x_1 এবং BO = x_2

মনে কর, বাম তুলাপাত্রে বস্তু রাখিয়া তুলাদণ্ডকে অনুভূমিক করিতে ডান তুলাপাত্রে W_1 বাটখারা চাপাইতে হইল। বস্তুর প্রকৃত ওজন W ধরিলে, আমরা লিখিতে পারি,

$$W \times x_1 = W_1 \times x_2 \quad (i)$$

এবার ডান তুলাপাত্রে বস্তু রাখিয়া বাম তুলাপাত্রে বাটখারা চাপাইতে হইবে। ধর, তুলাদণ্ডকে অনুভূমিক করিতে W_2 বাটখারা প্রয়োজন হইল। এক্ষেত্রে,

$$W_2 \times x_1 = W \times x_2 \cdots (ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ গুণ করিলে, $W^2 . x_1 x_2 = W_1 . W_2 . x_1 x_2$

$\therefore$ or, $W^2 = W_1 W_2$

$\therefore \quad W = \sqrt{W_1 W_2}$

W_1 এবং W_2 জানা থাকায় বস্তুর প্রকৃত ওজন W নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ :

(1) একটি তুলাযন্ত্রের দণ্ডের বাহুদ্বয় সমান দৈর্ঘ্যের নহে। কোন বস্তুকে দুই তুলাপাত্রে রাখিয়া ওজন করিলে ওজন যথাক্রমে 5·1 এবং 6·2 gms হইল। বস্তুর প্রকৃত ওজন কত ?

[The arms of a common balance are of unequal length. A substance when weighed in two scale pans, is found to be 5·1 and 6 2 gms in weight. What is the true weight of the substance ?]

উ। এস্থলে, $W_1 = 5\ 1$ gms এবং $W_2 = 6{\cdot}2$ gms, $W = ?$

আমরা জানি $W = \sqrt{W_1 W_2}$

$= \sqrt{5{\cdot}1 \times 6{\cdot}2}$

$= \sqrt{31\ 62}$

$= 5{\cdot}62$ gms (প্রায়)

(2) অসমান দৈর্ঘ্যের তুলাদণ্ডযুক্ত একটি তুলা ওজন নির্ণয়ের জন্য ব্যবহার করা হইল। একটি বস্তুকে দুই তুলাপাত্রে রাখিয়া 100 এবং 102 01 gms আপাত ওজন পাওয়া গেল। তুলাদণ্ডের দুই বাহুর দৈর্ঘ্যের অনুপাত নির্ণয় কর।

[An ordinary beam balance, with unequal arms, is used for weighing The apparent weights of the same body, when placed in the two pans, are respectively 100 and 102·01 grammes. Find the ratio of the arms of the balance.]
[*H S. (comp) 1962*]

উ। মনে কর দুই বাহুর দৈর্ঘ্য x_1 এবং x_2 অর্থাৎ $AO = x_1$ এবং $BO = x_2$ [চিত্র 1ঘ (i)]। বস্তু বাম তুলাপাত্রে এবং বাটখারা (100 gms) ডান তুলাপাত্রে রাখিলে, $W \times x_1 = 100 \times x_2$ (i)

আবার, বস্তু ডান তুলাপাত্রে এবং বাটখারা (102 01 gms) বাম তুলাপাত্রে রাখিলে,

$$W \times x_2 = 102\ 01 \times x_1 \quad \text{(ii)}$$

ভাগ দিলে, $\dfrac{x_1}{x_2} = \dfrac{100 \times x_2}{102{\cdot}01 \times x_1}$

or, $\dfrac{x_1^2}{x_2^2} = \dfrac{100}{102{\cdot}01}$

$\therefore \dfrac{x_1}{x_2} = \dfrac{10}{10{\cdot}1}$

1-19. পদার্থের ঘনত্ব (Density) :

কোন পদার্থখণ্ডের এক ঘন আয়তনে যতখানি ভর থাকে তাহাকে ঐ পদার্থের ঘনত্ব (density) বলা হয়। যদি কোন পদার্থখণ্ডের আয়তন হয় V এবং ভর হয় M তাহা হইলে তাহার ঘনত্ব, $D=\frac{M}{V}$

ঘনত্বের একক (Units of density) :

সি. জি. এস্. একক : যদি এক ঘন সেণ্টিমিটারে এক গ্র্যাম ভর থাকে তাহা হইলে পদার্থটির ঘনত্বকে সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ঘনত্বের একক ধরা হয়।

পরিষ্কার জলকে 4° সেণ্টিগ্রেড তাপমাত্রায় রাখিলে উহার ঘনত্ব সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী এক একক ঘনত্বের সমান।

এফ্. পি. এস্. একক : যদি এক ঘন ফুটে এক পাউণ্ড ভর থাকে তাহা হইলে পদার্থটির ঘনত্বকে এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী ঘনত্বের একক ধরা হয়।

এক ঘনফুটে যতখানি জল ধরে তাহার ভর হইল 62·5 পাউণ্ড। সুতরাং এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী জলের ঘনত্ব হইল প্রতি ঘনফুটে 62·5 পাউণ্ড।

একথা মনে রাখিতে হইবে যে, কোন পদার্থের সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী যে ঘনত্ব, এফ্. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী সে ঘনত্ব হইবে না। সুতরাং পদার্থের ঘনত্ব বলিলেই তাহার যথোপযুক্ত একক উল্লেখ করিতে হইবে। যেমন, যদি বলা হয় রূপার ঘনত্ব 10·5 তাহা হইলে ঠিক বলা হইল না। বলিতে হইবে, রূপার ঘনত্ব 10·5 গ্র্যাম প্রতি ঘ. সেণ্টিমিটারে।

এফ. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী রূপার ঘনত্ব 10·5 নয়। ইহা $10{\cdot}5\times62{\cdot}5$ পাউণ্ড প্রতি ঘনফুটে।

উদাহরণ :

(1) একটি লোহার টুকরার ভর 740 gms এবং উহার আয়তন 100 c. c.; লোহার ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[The mass and the volume of a piece of iron are 740 gms. and 100 c.c. respectively. Calculate the density of iron.]

উত্তর। এস্থলে, M = 740 gms
V = 100 c.c,

$$\therefore\quad D=\frac{M}{V}=\frac{740}{100}=7{\cdot}4 \text{ gms/c.c.}$$

(2) একটি ইস্পাতের গোলকের ব্যাসার্ধ যদি 1 cm ও ভর 32·7 gms হয় তবে ইস্পাতের ঘনত্ব কত ?

[If the radius and mass of a sphere of steel are respectively 1 cm. and 32·7 gms, what is the density of steel ?]

উত্তর। আমাদের জানা আছে যে, গোলকের আয়তন

$$= \frac{4}{3}\pi \times (\text{ব্যাসার্ধ})^3$$

$$= \frac{4}{3} \times \frac{22}{7} \times (1)^3 \text{ c.c.}$$

$$= \frac{88}{21} \text{ c.c.}$$

$$\text{সুতরাং ইস্পাতের ঘনত্ব} = \frac{\text{গোলকের ভর}}{\text{গোলকের আয়তন}}$$

$$\frac{32\cdot7}{\frac{88}{21}} = \frac{32\cdot7 \times 21}{88} = 7\cdot8 \text{ (প্রায়) gms/c.c.}$$

(3) 1 metre লম্বা এবং 1 cm আভ্যন্তরীণ ব্যাসযুক্ত একটি চোঙের খালি অবস্থায় ওজন 100 gms এবং তরলপূর্ণ অবস্থায় ওজন 150 gms ; তরলের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A cylindrical tube 1 metre long and 1 cm in internal diameter weighs 100 gms. when empty and 150 gms. when filled with a liquid. Find the density of the liquid]

উত্তর। তরলের ওজন = 150 − 100 = 50 gms.

ঐ তরলের আয়তন = চোঙের আভ্যন্তরীণ আয়তন

$$= \pi (\cdot5)^2 \times 100 \text{ c.c.}$$

[চোঙের ব্যাসার্ধ = 0·5 cm.

" দৈর্ঘ্য = 100 cm.]

$$\text{সুতরাং তরলের ঘনত্ব} = \frac{50}{\pi \times \cdot5 \times \cdot5 \times 100}$$

$$= \frac{50}{\pi \times 5 \times 5}$$

$$= \frac{2}{3\cdot14} = 0\cdot64 \text{ gm/c.c.}$$

ঘনত্বের পরিমাপ (Measurement of density) :

কোন পদার্থের ঘনত্ব মাপিতে হইলে উহার ভর ও আয়তন মাপিলেই চলিবে কারণ আগেই বলা হইয়াছে যে ভরকে আয়তন দিয়া ভাগ করিলে পদার্থের ঘনত্ব পাওয়া যায়। তুলাব সাহায্যে বস্তুব ভর বাহির কবা যাইবে এবং বস্তুটি সুষম (regular) আকৃতির হইলে উহার আয়তন বাহিব করার পদ্ধতিও আমরা পূর্বে দেখিয়াছি। সুতবাং বস্তুটি সুষম হইলে উহার উপাদানের ঘনত্ব বাহির করা খুবই সহজ।

বস্তু অসম (Irregular) আকৃতির হইলে উহার উপাদানের ঘনত্ব বাহির কবিবার প্রণালী পবে বর্ণনা করা হইয়াছে (চতুর্থ পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)।

1-20. বস্তুর ওজন (Weight of a substance) :

আমরা জানি যে কোন বস্তুকে মাটি হইতে কিছু উপরে তুলিয়া ছাড়িয়া দিলে উহা মাটিতে গিয়া পড়ে—উপরের দিকে উঠিয়া যায় না। ইহা হইতে স্বভাবতই মনে হয় যে মাটি ও বস্তুর ভিতব নিশ্চয়ই কোন আকর্ষণ আছে। প্রকৃতপক্ষে পৃথিবী এবং পার্থিব সকল বস্তুর ভিতরই এই আকর্ষণ বর্তমান। ইহাকে **অভিকর্ষ** (gravity) বলে এবং ইহা আবিষ্কার কবেন বিজ্ঞানী-শ্রেষ্ঠ নিউটন।

এই অভিকর্ষের দরুন কোন বস্তুকে হাতের উপর রাখিলে আমরা নিম্নাভিমুখী বল অনুভব করি। বস্তুটি খুব ভারী হইলে এই বল এত বেশী হয় যে আমরা হাতের উপব বস্তুটিকে রাখিতে পারি না। এই বলকেই বস্তুর **ওজন** বলা হয়। সুতরাং কোন বস্তুর উপর পৃথিবী মোট যে অভিকর্ষজ বল প্রয়োগ করে তাহাই হইল বস্তুর ওজন।

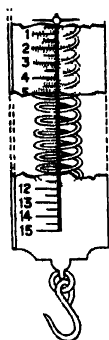
কোন বস্তুর ওজন স্থানভেদে বিভিন্ন হয়। বস্তুকে পৃথিবী-পৃষ্ঠ হইতে যত উচ্চে নেওয়া যায় বস্তুর ওজন তত কমিয়া যায়। পৃথিবী-পৃষ্ঠেও বিভিন্ন স্থানে ওজন বিভিন্ন হইবে কাবণ পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে বিভিন্ন স্থানের দূরত্ব সমান নয়

ওজনের পরিমাপ (Measurement of weight of a body) :

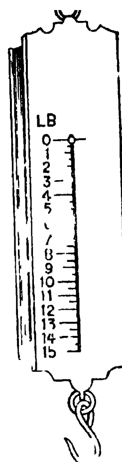
কোন বস্তুর ওজন পরিমাপের অর্থ এই যে উহার উপর পৃথিবীর আকর্ষণ জনিত মোট বল কত তাহার পরিমাপ। স্প্রীং তুলা (Spring balance নামক একপ্রকার যন্ত্রের সাহায্যে তাহা করা যায়।

স্প্রীং তুলা ঃ 1ন নং চিত্রে একটি স্প্রীং তুলা দেখানো হইয়াছে। স্প্রীং তুলার ভিতরের অংশ 1প নং চিত্রে দেখানো হইল।

এই যন্ত্রে একটি ইস্পাতের স্প্রীংকে একটি ধাতব আবরণের ভিতব এমনভাবে রাখা হইয়াছে যে স্প্রীংটির এক প্রান্ত আবরণের উপবে একটি আংটার সহিত আটকানো এবং নিম্নপ্রান্ত একটি দণ্ডের সহিত সংযুক্ত। এই দণ্ডের অপব প্রান্তে একটি হুক্ লাগানো আছে। যে-বস্তুর ওজন নির্ণয় কবিতে হইবে তাহাকে এই হুকে ঝুলাইয়া দেওয়া যায়। ধাতব আববণের গায়ে পাউণ্ড অথবা গ্র্যামে দাগকাটা একটি স্কেল অংকিত থাকে। স্প্রীংটিব সহিত একটি সরু কাঁটা সূচকেব (pointer) কাজ কবিবার জন্য লাগানো থাকে। স্প্রী টি কোন কাবণে দৈর্ঘ্যে বাড়িলে সূচকটিও স্কেলেব গা-বাহিয়া নামিয়া আসে।



স্প্রীং তুলাব ভিতবেব অংশ
চিত্র 1প



স্প্রীং তুলা
চিত্র 1ন

প্রথমে কয়েকটি জানা ওজন-সম্পন্ন বস্তু হুকে ঝুলাইয়া স্প্রীং কতটা দৈর্ঘ্যে বাড়ে এবং তাহাব ফলে সূচকটি কোথায় দাঁড়ায় তাহা ঠিক কবিয়া সেই মত স্কেল কাটা হয়। পবে অজ্ঞাত ওজনেব কোন বস্তু হুকে ঝুলাইলে সূচক যে-দাগের কাছে দাঁড়াইবে তাহাই হইবে বস্তুটির ওজন। মনে বাখিবে যে, স্প্রীংয়ের প্রসারণ বস্তুব ওজনের সমানুপাতিক।

সুতবাং দেখা যাইতেছে যে স্প্রীং তুলাব কার্যনীতি (principle of work) সরাসরি পৃথিবীব আকর্ষণের উপর প্রতিষ্ঠিত। কাজেই সরাসবি এবং দ্রুত ওজন মাপিতে গেলে এই যন্ত্রই সুবিধাজনক।

স্প্রীং তুলা ও সাধারণ তুলার পার্থক্য ঃ

স্প্রীং তুলা ও সাধারণ তুলার নীতিগত পার্থক্য আছে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে সাধারণ তুলায় প্রমাণ বাটখাবার সঙ্গে তুলনামূলকভাবে কোন বস্তুর ভর মাপা হয়। বস্তুটির ওজন পাওয়া যায় না। কিন্তু স্প্রীং তুলার সাহায্যে সরাসরি বস্তুর ওজন মাপা হয়। যদি কোন বস্তুকে স্থান হইতে

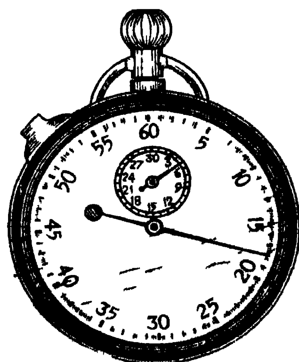
স্থানান্তরে লইয়া যাওয়া হয়, তবে তাহার ওজনের পার্থক্য সাধারণ তুলা দ্বারা ধরা যাইবে না। কারণ অভিকর্ষজ ত্বরণের পরিবর্তন সমানভাবে বস্তু ও বাটখাবার উপর প্রযুক্ত হইবে এবং যেহেতু বস্তুটির ভর ঠিক-ই থাকে সেইহেতু একই পরিমাণ বাটখারা বস্তুটিকে দুই জায়গাতেই সাধারণ তুলায় পরিমাপ করিবে। কিন্তু স্প্রীং তুলা দ্বারা বস্তুর এই ওজনের পার্থক্য ধরা যাইবে, কারণ বিভিন্ন স্থানে পৃথিবীর আকর্ষণ বিভিন্ন হওযায় স্প্রী তুলার স্প্রীং-এর প্রসারণও বিভিন্ন হইবে। সুতরাং যে-বস্তুর ওজন কলিকাতায় এক পাউণ্ড স্প্রীং তুলার সাহায্যে লণ্ডনে ওজন করিলে তাহা ভিন্ন দেখা যাইবে।

অতএব মনে রাখিতে হইবে যে **সাধারণ তুলা দ্বারা আমরা বিভিন্ন বস্তুর ভরের তুলনা করিতে পারি কিন্তু স্প্রীং তুলা দ্বারা ওজন মাপিতে পারি।**

1 21 সময়ের পরিমাপ (Measurement of time):

কোন ঘটনা যদি একটি নির্দিষ্ট অবকাশ (interval) অন্তর ঘটে তবে তাহার দ্বারা সময়ের পরিমাপ করা চলে।

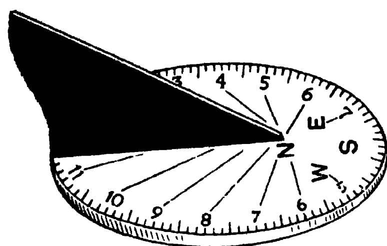
সাধারণত সময় মাপিবার জন্য আমরা ঘড়ি ব্যবহার করি। এই ঘড়ি নানারকম হইতে পারে, যেমন—সাধারণ ঘড়ি ক্রনোমিটার অথবা নির্ভুল সময় নির্দেশক ঘড়ি stop ঘড়ি অর্থাৎ যে ঘড়ি ইচ্ছামত চালানো বা বন্ধ করা যায়। কোন কোন stop-ঘড়ি দ্বারা এক সেকেণ্ডের 5 ভাগের এক ভাগ এমন কি দশভাগের একভাগ সময়ও নির্ণয় করা সম্ভব।



স্টপ-ঘড়ি
চিত্র 1 ক

খ্রীষ্ট জন্মের 800 বছর পূর্বে Sundial নামক একপ্রকার যন্ত্রের সাহায্যে সময় নির্ণয় করা হইত। একটি গোলাকার পৃষ্ঠে (surface) সময় নির্দেশক ঘণ্টা 1, 2 ইত্যাদি লেখা

থাকে এবং একটি অস্বচ্ছ (opaque) বস্তু ঐ পৃষ্ঠে লম্ব (vertical) ভাবে আটকানো থাকে। সূর্যের আলো ঐ অস্বচ্ছ বস্তুতে পড়িয়া যে-ছায়া সৃষ্টি করিত সূর্যের গতির সঙ্গে ঐ ছায়া ঘণ্টার অঙ্কগুলিকে স্পর্শ করিয়া যাইত। এইভাবে Sun-dial দ্বারা তখনকার দিনে সময় নির্দেশ করা হইত। 1ব নং চিত্রে ঐরূপ একটি Sun-dial দেখানো হইয়াছে।



Sun-dial
চিত্র 1 ব

1-22. কোণের একক (Units of angle) :

একটি বৃত্তের সমগ্র পরিধিকে (circumference) সমান 360 ভাগে ভাগ করিলে প্রত্যেক ভাগ বৃত্তের কেন্দ্রে যে-কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে '**ডিগ্রী**' (degree) বলা হয়।

সাধারণত কোণের পরিমাপ করা হয় এই ডিগ্রী একক দ্বারা। সমগ্র পরিধিকে সমান চারভাগে ভাগ করিলে প্রত্যেক ভাগ বৃত্তের কেন্দ্রে যে কোণ উৎপন্ন করে, তাহাকে **সমকোণ** ধরা হয়। সুতরাং এক সমকোণে 90° আছে। ডিগ্রীর ক্ষুদ্রতর অংশগুলি নিম্নরূপ :

$1^\circ = 60'$ (মিনিট) $1' = 60''$ (সেকেণ্ড)

এই পদ্ধতিকে ষষ্ঠিক পদ্ধতি (Sexagesimal measure) বলা হয়।

ইহা ছাড়া কোণ মাপিবার আর একটি একক আছে। উহার নাম **রেডিয়ান** (radian)। যদি কোন বৃত্ত হইতে ব্যাসার্ধের সমান দৈর্ঘ্য সম্পন্ন চাপ লওয়া হয়, তবে ঐ চাপ বৃত্তের কেন্দ্রে যে-কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে এক রেডিয়ান বলে। এই পদ্ধতিকে বৃত্তীয়মান পদ্ধতি (circular measure) বলা হয়।

ডিগ্রী ও রেডিয়ানের ভিতর সম্পর্ক নিম্নরূপ :

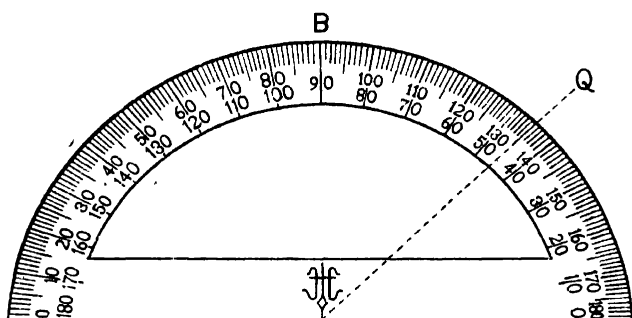
2π রেডিয়ান $= 360^\circ$

$\therefore \quad 1$ রেডিয়ান $= \frac{360}{2\pi} = 57 \cdot 29^\circ \qquad [\, \pi = \frac{22}{7} \,]$

1-23. কোণের পরিমাপ (Measurement of angle) :

(1) চাঁদা বা প্রোট্র্যাক্টরের (Protractor) সাহায্যে :

দ্রুত ও সহজে কোণ পরিমাপ করিতে হইলে চাঁদার সাহায্যে করা যাইতে পারে। ইহা আকারে অর্ধবৃত্ত (semi-circle) এবং ধাতু, গাটা-পার্চা বা কাঠের পাতলা পাত দ্বারা তৈয়ারী। ইহার পরিধিকে সমান



চাঁদার সাহায্যে কোণ নির্ণয়

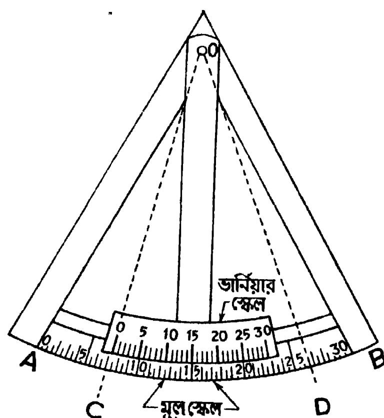
চিত্র 1ভ

180 ভাগে ভাগ করা হয় এবং প্রত্যেক ভাগের গায়ে ডিগ্রীসূচক চিহ্ন লেখা থাকে। প্রত্যেক ডিগ্রীকে আবার দুই বা তিনভাগে ভাগ করা থাকে। ইহা হইতে এক ডিগ্রীর অর্ধেক বা এক-তৃতীয়াংশ পর্যন্ত পরিমাপ করা যায়। 1ভ নং চিত্রে একটি চাঁদার আকৃতি দেখানো হইয়াছে। ABC হইল অর্ধবৃত্তকার পরিধি যাহার গায়ে ডিগ্রী চিহ্ন লেখা আছে। O বিন্দু বৃত্তের কেন্দ্র।

ধর, $\angle POQ$ চাঁদার সাহায্যে মাপিতে হইবে। চাঁদাটিকে এমনভাবে রাখিতে হইবে যে AC রেখা কোণের যে-কোন বাহু—ধর, OP বাহুর সহিত মিশিয়া যায় এবং O বিন্দু কোণের শীর্ষবিন্দুর সহিত মেলে। এই অবস্থায় কোণের অপর বাহু অর্থাৎ OQ বাহু চাঁদার পরিধিকে ছেদ করিবে। এই বাহু যে-ডিগ্রী চিহ্নের ভিতর দিয়া যাইবে তাহাই হইবে উক্ত কোণের পরিমাপ। চিত্রে দেখা যাইতেছে যে $\angle POQ = 45°$.

(2) **কৌণিক ভার্নিয়ারের** (Angular vernier) **সাহায্যে :**

চাঁদার সাহায্যে 1 ডিগ্রীর অর্ধেক বা এক-তৃতীয়াংশ পর্যন্ত মাপা চলে ; কিন্তু কোন কোন কার্যে কোণের আরও সূক্ষ্মতর পরিমাপ প্রয়োজন হয়। যেমন স্পেকট্রোমিটার (Spectrometer), থিওডোলাইট (Theodolite), সেক্সট্যাণ্ট (Sextant) প্রভৃতি যন্ত্রের সাহায্যে কোণের সূক্ষ্মতর পরিমাপ সম্ভব এবং এই সমস্ত যন্ত্রে কৌণিক ভার্নিয়ারের সাহায্য লওয়া হয়। 1ম নং চিত্রে একটি কৌণিক ভার্নিয়ার দেখানো হইল।



কৌণিক ভার্নিযার

চিত্র 1ম

এই যন্ত্রে ধাতুর পাতের উপর অঙ্কিত একটি বৃত্তাকার স্কেল (AB) থাকে। ইহাকে মূল-স্কেল বলা হয়। এই স্কেলটি ডিগ্রীতে অঙ্কিত এবং প্রত্যেকটি ডিগ্রী আবার দুই ভাগে বিভক্ত। এই স্কেলের গা বাহিয়া আর একটি ছোট স্কেল -ইহাকে কৌণিক ভার্নিয়ার স্কেল বলা হয়--চলাচল করিতে পারে। ইহাকে চলাচল করাইবার জন্য ইহার সহিত একটি ঘূর্ণমান (rotating) বাহু যুক্ত থাকে। O বিন্দু হইল বৃত্তাকার মূল-স্কেল এবং ভার্নিয়ার স্কেল উভয়েরই কেন্দ্রবিন্দু। সুতরাং ঘূর্ণমান বাহু দ্বারা ভার্নিয়ার স্কেলকে মূল-স্কেলের গা বাহিয়া সরাইলে উহা যে বৃত্তপথে ঘুরিবে O বিন্দু হইবে ঐ বৃত্তের কেন্দ্র।

এই যন্ত্রদ্বারা কোণ নির্ণয় করিতে গেলে সর্বপ্রথম ইহার ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইবে। প্রথমত দেখিতে হইবে যে মূল-স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘরগুলি এক ডিগ্রীর কত অংশ। চিত্রে $\frac{1}{2}$ ডিগ্রী দেখানো হইয়াছে। অতঃপর ভার্নিয়ার স্কেলে কত ঘর আছে তাহা গণনা কর। সাধারণত 30 ঘর থাকে। এইবার ঘূর্ণমান বাহু ঘুরাইয়া ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল-স্কেলের কোন একটি দাগের সহিত মিলাও। দেখিবে যে ভার্নিয়ারের শেষ দাগ মূল স্কেলের আর একটি দাগের সহিত মিলিয়া গিয়াছে। ইহা হইতে নির্ণয় কর যে ভার্নিয়ারের 30 ঘর

মূল-স্কেলের মোট কত ক্ষুদ্রতম ঘরের সহিত মিলিল। উপরোক্ত ক্ষেত্রে দেখা যাইবে যে মূল-স্কেলের 29 ঘরের সহিত মিলিয়াছে।

সুতরাং এক্ষেত্রে লেখা যাইতে পারে যে,

30 ঘর ভার্নিয়ার = 29 ক্ষুদ্রতম মূল-স্কেল ঘর

$\therefore$ 1 " " $= \frac{29}{30}$ " " " "

সুতরাং ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক $= \left(1 - \frac{29}{30}\right) \times$ মূল-স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘর

$= \left(\frac{1}{30} \times \frac{1}{2}\right)$ ডিগ্রী

[$\because$ মূল স্কেলের ক্ষুদ্রতম ঘর $= (\frac{1}{2})^\circ$]

$\left(\frac{1}{60}\right) = 1$

সুতরাং এই ভার্নিয়ার দ্বারা এক ডিগ্রীর 60 ভাগের একভাগ পর্যন্ত মাপা চলে। কোন কোন ভার্নিয়ারে আরও সূক্ষ্ম পরিমাপের ব্যবস্থা থাকে।

মনে কর, কৌণিক ভার্নিয়ার দ্বারা $\angle COD$ কোণ মাপিতে হইবে। এক্ষেত্রে, ঘূর্ণমান বাহুদ্বারা ভার্নিয়ারকে আস্তে আস্তে ঘুরাইয়া এমনভাবে রাখিতে হইবে যে ভার্নিয়ারের 0-দাগ OC রেখার সহিত মিশিয়া যায় (চিত্র দেখ)। অতঃপর দেখিতে হইবে যে ভার্নিয়ারের 0-দাগ মূল-স্কেলের কত দাগ পার হইয়া গেল। উহা হইবে মূল-স্কেল পাঠ। এখন এক এক করিয়া ভার্নিয়ার দাগগুলি লক্ষ্য করিয়া যাও। দেখিবে ভার্নিয়ারের কোন একটি দাগ মূল-স্কেলের একটি দাগের সহিত মিলিয়াছে। ঐ দাগ পর্যন্ত ভার্নিয়ারের কত ঘর হইল গণনা কর। উহাকে ভার্নিয়ার স্থিরাঙ্ক দ্বারা গুণ করিয়া ঐ গুণফলের সহিত মূল-স্কেল পাঠ যোগ দাও। ইহা হইবে OC রেখার কৌণিক অবস্থিতি। এইরূপে OD রেখার কৌণিক অবস্থিতি নির্ণয় কর। এই দুই পাঠের অন্তরফল হইবে $\angle COD$ কোণের সমান।

সারাংশ

রাশি দুই প্রকার :—(1) **স্কেলার ও** (2) **ভেক্টর।**

এককের বিভিন্ন পদ্ধতি :—(1) **সি. জি. এস্, ও** (2) **এফ্. পি. এস্.**

তিনটি প্রাথমিক একক :—(1) **দৈর্ঘ্য,** (2) **ভর ও** (3) **সময়।**

দৈর্ঘ্য মাপিবার যন্ত্র :—(1) স্কেল, (2) ভার্নিয়ার স্কেল, (3) স্লাইড ক্যালিপার্স, (4) স্ক্রু-গেজ, (5) স্ফেরোমিটার।

ভর মাপিবার যন্ত্র :—সাধারণ তুল।

ঘনত্ব : যদি ভর হয় M এবং আয়তন V তবে ঘনত্ব $D = \frac{M}{V}$

সময় মাপিবার যন্ত্র :—(1) সাধারণ ঘড়ি (2) Stop ঘড়ি (3) ক্রনোমিটার।

কোণের একক :—(1) ডিগ্রী (2) রেডিয়ান।

কোণ মাপিবার যন্ত্র : (1) চাঁদা বা প্রোট্র্যাক্টর (2) কৌণিক ভার্নিয়ার

প্রশ্নাবলী

1 একক কাহাকে বলে এবং এককের প্রয়োজনীয়তা কি? এককের বিভিন্ন পদ্ধতি বুঝাইয়া দাও।

[What is 'unit and what is its utility? Explain the different systems of unit]

2 নিম্নলিখিত রাশিগুলির সংজ্ঞা লেখ :- (ক) সেন্টিমিটার, (খ) ফুট, (গ) কিলোগ্রাম, (ঘ) লিটার।

[Define the following quantities —(a) Centimetre (b) Feet (c) Kilogramme (d) Litre]

3 নিম্নলিখিত বিষয়গুলি প্রকাশ কর :—(ক) ফুটকে সেন্টিমিটারে (খ) মিটারকে গজে (গ) পাউণ্ডকে গ্রামে (ঘ) সেকেণ্ডকে দিনে।

[Work out the following conversions —(a) from foot to centimetre (b) from metre to yard (c) from pound to gramme (d) from second to day]

$$\left[\text{Ans (a) } 30.48 \text{ (b) } 1.09368 \text{ (c) } 453.6 \text{ (d) } \frac{1}{24 \times 60 \times 60}\right]$$

4 নিম্নলিখিত যন্ত্রগুলির বিবরণ ও ব্যবহার লেখ :—(ক) স্ক্রু গেজ (খ) স্ফেরোমিটার।

[Describe and explain the use of the following instruments – (a) Screw-gauge (b) Spherometer]

5 একটি বৃত্তের ব্যাস 14 cm, উহার ক্ষেত্রফল কত?

[The diameter of a sphere is 14 cm What is its surface area?]

[Ans. 154 sq. cm.]

6. একটি খাড়া গোলমুখ চোঙের উচ্চতা 7 ft. এবং উহার ব্যাস 2 ft.. চোঙটির আয়তন কত ?

[The height of a right circular cylinder is 7 ft. and its diameter is 2 ft. What is its volume ?] [Ans. 22 c. ft.]

7. ভর মাপিবার যন্ত্রের নাম কি ? উহার বিবরণ দাও ও সাধারণভাবে ভর মাপিবার প্রণালী ও নীতি বর্ণনা কর।

[What is the instrument of measuring the mass of a substance ? Describe it and explain the method and principle of measuring the mass.]

8. একটি তুলাযন্ত্রের দণ্ডের দুই বাহু 20 cm. দীর্ঘ। এক পাল্লায় 20 gm ওজনের একটি বাটখারা আছে এবং অন্য পাল্লায় একটি অজ্ঞাত ওজনের বস্তু আছে। একটি 1 gm-wt ওজন তুলাদণ্ডের উপর রাখা হইল এবং আলম্ব হইতে বস্তুর দিকে আস্তে আস্তে সরানো হইল। যখন 1 gm-wt ওজনটি আলম্ব হইতে 15 cm. দূরে রাখা হইল তখন তুলাদণ্ড অনুভূমিক হইল। বস্তুর ওজন কত ?

[A common balance has equal arms, 20 cms in length. A weight 20 gms rests on one pan, while an unknown weight rests on the other. A one gm-wt is placed on the beam and moved from the pivot towards the unknown weight. When the one gm-wt. is 15 cm. from the pivot equilibrium is restored. What is the unknown weight ?] [Ans. 19·25 gms]

9. ঘনত্ব কাহাকে বলে এবং উহার একক কি ? ভর, আয়তন ও ঘনত্বের পারস্পরিক সম্বন্ধ কি ?

একটি কাঠের ব্লকের দৈর্ঘ্য 5 cm, প্রস্থ 4 cm এবং উচ্চতা 10 cm : উহার ভর 160 gm হইলে কাঠের ঘনত্ব কত ?

[What is density and what is its unit ? What is the relation between mass, volume and density ?

A block of wood has length 5 cm , breadth 4 cm, and height 10 cm. If its mass is 160 gm., what is the density of wood ?] [Ans. 0·8 gm/c.c.]

10. বস্তুর ওজন বলিতে কি বোঝ ? একটি সুন্দর নকসার সাহায্যে স্প্রীং তুলার বিবরণ দাও। স্প্রীং তুলা ও সাধারণ তুলার কার্যপ্রণালীর পার্থক্য কি ?

[What do you mean by weight of a body ? Describe a spring balance with the help of a neat diagram. What is the difference in the principle of action between a spring balance and a common balance ?]

[*H. S. (Comp) 1962*]

11. 'বস্তুর ওজনের' সংজ্ঞা লেখ। যে-যন্ত্রের সাহায্যে বস্তুর ওজন সরাসরি মাপা যায় তাহার বিবরণ দাও। যন্ত্রের একটি সুন্দর নকসা আঁক।

[Define 'weight of a body'. Describe an instrument by which the weight of a body can directly be measured. Give a neat diagram of the instrument.]

[*H. S. Exam. 1960*]

12. কোন স্থানে $g = 980$ cm/sec² এবং ঐ স্থানে একটি বস্তুর ওজন স্প্রীং তুলায় মাপিয়া দেখা গেল 75 gms ; যেখানে $g = 981$ cm/sec², সেখানে বস্তুটির ওজন কত হইবে ?

[At a place where $g = 980$ cm/sec², the weight of a body, as measured by a spring balance, is found to be 75 gms. What will be the weight of the same body at a place where $g = 981$ cm/sec² ?] [Ans. 75·075 gms]

13. 'ডিগ্রী' এবং 'রেডিয়ান' কাহাকে বলে ? উহাদের মধ্যে সম্পর্ক কি ? কৌণিক ভার্নিয়ারের বিবরণ ও কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর ।

[What are 'degree' and 'radian' ? What is their relation ? Describe and explain the use of an angular vernier.]

[Objective type questions]

14. নিম্নে কতকগুলি প্রশ্ন ও তৎসহ সম্ভাব্য উত্তর দেওয়া হইল। যে উত্তরটি তোমার সর্বাপেক্ষা নির্ভুল মনে হইবে তাহা ✓ চিহ্ন দ্বারা চিহ্নিত কর।

(i) ক্ষুদ্র দৈর্ঘ্য পরিমাপের সুবিধাজনক যন্ত্র কি ?
স্ফেরোমিটার, কৌণিক ভার্নিয়ার, স্ক্রু-গেজ।

(ii) 'গ্রাম প্রতি ঘনসেণ্টিমিটার' কোন্ রাশির একক ?
ক্ষেত্রফল, ঘনত্ব, ওজন।

(iii) সরাসরি ওজন মাপা যায় কোন্ যন্ত্রে ?—
স্প্রীং তুলা, সাধারণ তুলা।

(iv) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক কি ?
—ডিগ্রী, সেণ্টিমিটার, ইঞ্চি

*প্রথম পরিচ্ছেদ (অতিরিক্ত)

বলবিদ্যার প্রাথমিক আলোচনা

(Fundamentals of Mechanics)

1. স্থিতি (Rest) ও গতি (Motion) :

আমরা আমাদের চতুর্দিকে দৃষ্টি ফিরাইলে দেখি যে কোন কোন বস্তু সচল এবং কোন কোন বস্তু স্থির। যে-বস্তু সময়ের পরিপ্রেক্ষিতে স্থান হইতে স্থানান্তরে অবস্থান করে তাহাকে আমরা সচল বা গতিশীল বলি ; আর যদি একই স্থানে থাকে তবে তাহাকে বলি স্থির। যেমন, গাছপালা, বাড়ীঘর আমাদের নিকট স্থির, কিন্তু চলন্ত রেলগাড়ী, ছুটন্ত ঘোড়া প্রভৃতি গতিশীল। কিন্তু একটু চিন্তা করিলে দেখা যাইবে যে, বাড়ীঘর প্রভৃতি যাহাকে আমরা স্থির বলিয়া দেখি তাহা প্রকৃতপক্ষে স্থির নয়। পৃথিবী প্রতি মুহূর্তে প্রচণ্ডবেগে সূর্যের চতুর্দিক প্রদক্ষিণ করিতেছে। সুতরাং পৃথিবীর উপর অবস্থিত বাড়ীঘর প্রভৃতি স্থির থাকে কি করিয়া ? মানুষ যদি অন্যগ্রহে যাইতে পারে এবং তথা হইতে পৃথিবীর বাড়ীঘরগুলিকে লক্ষ্য করিতে পারে তাহা হইলে দেখিবে যে, বাড়ীঘর, গাছপালা সবই ক্রমাগত ছুটিতেছে। প্রকৃতপক্ষে এই বিশ্বে কোন বস্তুই স্থির নয় অর্থাৎ চরম (absolute) স্থিতি কি তাহা আমরা জানি না।

তবে স্থিতি বলিয়া কি কিছুই নাই ? আমরা যাহাকে স্থির বস্তু বলিয়া দেখি, তাহা কি [illegible] সাধারণ ক্ষেত্রে পারিপার্শ্বিক বস্তুর সাপেক্ষে যদি কোন বস্তু স্থান পরিবর্তন না [illegible] তবে তাহাকেই আমরা স্থির বলি। আর পারিপার্শ্বিক বস্তুর সাপেক্ষে যদি pe[illegible] স্থান পরিবর্তন করে তবে বলি বস্তুটি গতিশীল। এই স্থিতি এবং গতি[illegible]কক [illegible] যাইতে পারে আপেক্ষিক স্থিতি ও গতি। সুতরাং বস্তু গতিশীল কি per s[illegible] উল্লেখ করিতে হইলে সাধারণত আমরা পৃথিবীকে স্থির মনে ক[illegible]etre per [illegible]আপেক্ষিক (relative) গতি ও স্থিতি

করিয়া থা[illegible] (Retar

* [illegible] পালে তবে তাহার বেগ [illegible] শ্রেণীর অন্তর্গত। কিন্তু সাধারণ পদার্থ বিজ্ঞান— যাহা [illegible] ঋণাত্মক (negative) [illegible] বলবিদ্যার প্রাথমিক জ্ঞান প্রয়োজন [illegible]

2. **চলন** (Translation) ও **ঘূর্ণন** (Rotation) :

গতি দুই প্রকারের হইতে পারে। যথা :—(1) **চলন** ও (2) **ঘূর্ণন**। যখন কোন বস্তু সরল রেখা অবলম্বন করিয়া চলে তখন তাহার গতিকে **চলন** বলা হয়। যেমন, একটি পাথরকে কিছু উঁচু হইতে ফেলিয়া দিলে, পাথরটি সরলরেখা অবলম্বন করিয়া পড়ে। সুতরাং পড়ন্ত পাথরটির গতিকে চলন বলা যাইবে।

কিন্তু যদি কোন বস্তু কোন নির্দিষ্ট বিন্দু বা অক্ষের চতুর্দিকে চক্রাকারে (circular) পরিভ্রমণ করে, তবে তাহার গতিকে বলা হইবে **ঘূর্ণন**। চলন্ত সাইকেলের চাকার গতি, বৈদ্যুতিক পাখার গতি প্রভৃতি ঘূর্ণনের উদাহরণ।

চলন ও ঘূর্ণনের সমন্বয়ে বস্তুর গতি জটিল হইতে পারে। কিন্তু যত জটিলই হউক না কেন, প্রত্যেক জটিল গতি চলন ও ঘূর্ণনের মিশ্রণে হইতেছে তাহা প্রমাণ করা যায়।

3. চলন সংক্রান্ত কয়েকটি রাশির সংজ্ঞা :

(ক) **সরণ** (Displacement) : কোন বস্তু যদি একটি নির্দিষ্ট সময়ে এবং একটি নির্দিষ্ট দিকে স্থান পরিবর্তন করে তবে সেই পরিবর্তনকে **সরণ** বলা হয়। বস্তুটির প্রথম এবং শেষ অবস্থানের ভিতর যে রৈখিক দূরত্ব (linear distance) তাহাই বস্তুর সরণের পরিমাপ।

(খ) **দ্রুতি** (Speed) : অবস্থান পরিবর্তনের হারকে (rate) **দ্রুতি** বলে। অর্থাৎ কোন বস্তু এক সেকেণ্ডে যতটা দূরত্ব যাইতে পারে তাহাই বস্তুটির দ্রুতি। দ্রুতি বলিতে কোন রকম দিক্ নির্দেশের প্রয়োজন নাই ; বস্তুটি সরল অথবা বক্র পথে যাইতে পারে।

(গ) **বেগ** (Velocity) : বেগ আমাদের এ[illegible] অতি সাধারণ অভিজ্ঞতা। আমরা আমাদের চতুর্দিক অসংখ্য বিভি[illegible]রমের বেগবান বস্তু দেখিতে পাই। একটি মোটর গাড়ী রাস্তা দিয়া তী[illegible]গে চলিয়া যায়। কিন্তু ঘোড়ার গাড়ী বা রিক্সা অত বেগে যায় না।

রেলগাড়ী যখন কোন স্টেশনের কাছে আসে ত[illegible]গ আস্তে আস্তে কমিতে থাকে ; আবার স্টেশন ছাড়িয়া গেলে বে[illegible]।

একটি বল দোতালার সিড়ির উপর দিয়া [illegible] সিড়ি দিয়া গড়াইতে গড়াইতে নীচে পড়িবে। লক্ষ[illegible]ত নীচে [illegible] তত উহার বেগ বাড়িতেছে

ঢালু পাহাড়ের গা দিয়া পাথর গড়াইয়া দিলে উহা ক্রমশ নীচের দিকে পড়িবে এবং ক্রমশ উহার বেগ বাড়িবে।

এগুলি সবই বেগের উদাহরণ। সুতরাং বলা যাইতে পারে যে, (কোন বস্তু যদি এমনভাবে চলে যে কোন নির্দিষ্ট সময়ে উহা নির্দিষ্ট দূরত্ব অতিক্রম করে তবে ঐ বস্তুর একটি বেগ আছে।) যেমন, কোন ট্রেন যদি সর্বদা নির্দিষ্ট দিকে এক ঘণ্টায় 50 মাইল দূরত্ব অতিক্রম করে তবে উহার বেগ হইবে ঘণ্টায় 50 মাইল।

বেগের একক : এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে বেগের একক হইল foot per second এবং সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে বেগের একক হইল centimetre per second.

(ঘ) **ত্বরণ** (Acceleration)

যদি কোন বস্তুকণা ক্রমবর্ধমান বেগ লইয়া চলে তবে উহার বেগ পরিবর্তনের হারকে বলা হয় **ত্বরণ**।

ধর, কোন মুহূর্তে একটি বস্তুকণার বেগ সেকেণ্ডে 32 ft ; 10 সেকেণ্ড সময় পরে উহার বেগ হইল সেকেণ্ডে 52 ft. ; আরো 10 সেকেণ্ড সময় পরে উহার বেগ দেখা গেল প্রতি সেকেণ্ডে 72 ft. এবং উহা এইরূপ ক্রমবর্ধমান বেগ লইয়া চলিল। এস্থলে দেখা যাইতেছে যে প্রতি 10 সেকেণ্ড সময় পর পর বস্তুকণাটির 20 ft. per second পরিমাণ বেগ পরিবর্তিত হইতেছে। তাহা হইলে উহার বেগ পরিবর্তনের হার প্রতি সেকেণ্ডে $= \frac{20}{10} = 2$ ft. per second ; সুতরাং ইহাই বস্তুকণার ত্বরণ।

এখানে একটি জিনিস লক্ষ্য করিবে যে 'প্রতি সেকেণ্ডে' (per second) কথাটি দুইবার আসিবে। একবার বেগ বুঝাইবার জন্য এবং অন্যবার বেগ পরিবর্তনের হার বুঝাইবার জন্য। এইজন্য ত্বরণের একক বলিতে 'বর্গ সেকেণ্ড' বা 'per second per second' কথা ব্যবহৃত হয়।

ত্বরণের একক : এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে ত্বরণের একক হইল 'foot per second per second' এবং সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ত্বরণের একক হইল 'centimetre per second per second'.

(ঙ) **মন্দন** (Retardation) : যদি কোন বস্তুকণা ক্রমহ্রসমান বেগ লইয়া চলে তবে তাহার বেগ পরিবর্তনের হারকে **মন্দন** বলে। মন্দনকে আমরা ঋণাত্মক (negative) ত্বরণও বলিতে পারি।

উদাহরণস্বরূপ ধরা যাউক, একটি বস্তুকণার কোন এক সময়ের বেগ দেখা গেল সেকেণ্ডে 32 ft. ; 2 সেকেণ্ড পর তাহার বেগ হইল সেকেণ্ডে 28 ft. এবং আরো দুই সেকেণ্ড সময় পর তাহার বেগ কমিয়া দাঁড়াইল সেকেণ্ডে 24 ft. ; এই রকম বেগ কমিতে থাকিলে বলা হয় বস্তুটির মন্দন হইতেছে। এস্থলে দেখা যাইতেছে যে প্রতি 2 সেকেণ্ড সময় পরপর বস্তুটির বেগ কমিতেছে 4 ft. করিয়া। সুতরাং প্রতি সেকেণ্ডে তাহার বেগ পরিবর্তিত হইতেছে $\frac{4}{2}=2$ ft. প্রতি সেকেণ্ডে। অর্থাৎ তাহার মন্দনের পরিমাণ প্রতি বর্গ সেকেণ্ডে 2 ft.

মন্দনের একক ও ত্বরণের একক হুবহু এক।

4. **নিউটনের গতিসূত্র** (Newton's laws of motion) :

নিউটনের গতিসূত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে, কিভাবে বস্তু চলিতে আরম্ভ করে অথবা তাহার গতি ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত হইতে পারে। আমরা জানি কোন স্থির বস্তুকে গতিশীল করিতে হইলে বাহির হইতে তাহার উপর কিছু আরোপ করিতে হয়। যেমন, একটি বলকে ধাক্কা দিলে বলটি চলিতে সুরু করে। এই যে বাহির হইতে ধাক্কা দেওয়া হইল, বিজ্ঞানের ভাষায় ইহাকে বলা হল **বল** (force) প্রয়োগ করা হইল। নিউটনের গতিসূত্র হইতে বস্তুর ভর, উহার গতি এবং উহার উপর প্রদত্ত বলের ভিতর সম্বন্ধ বাহির করা যায়।

প্রথম সূত্র : বাহির হইতে প্রযুক্ত (externally impressed) বল দ্বারা অবস্থার পরিবর্তন না করিলে, অচল বস্তু চিরকাল অচল অবস্থাতেই থাকিবে এবং সচল বস্তু সমবেগে সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চিরকাল চলিতে থাকিবে।

[Everybody continues in its state of rest or uniform motion in a straight line except in so far as it be compelled by external impressed force to change that state.]

দ্বিতীয় সূত্র : কোন বস্তুর ভরবেগের পরিবর্তনের হার বস্তুটির উপর প্রযুক্ত বলের সমানুপাতিক এবং বল যে দিকে প্রযুক্ত হয় ভরবেগের পরিবর্তনও সেই-দিকে ঘটে।

[Rate of change of momentum is proportional to the impressed force and takes place in the direction in which the force acts.]

তৃতীয় সূত্র ঃ প্রত্যেক ক্রিয়ারই সমান ও বিপরীত প্রতিক্রিয়া আছে।

[To every action there is an equal and opposite reaction.]

5. প্রথম সূত্রের আলোচনা ঃ

প্রথম সূত্র হইতে আমরা নিম্নলিখিত দুইটি বিষয় জানিতে পারি।

(1) **পদার্থের জাড্য** (Inertia of matter) এবং (2) **বলের সংজ্ঞা।**

পদার্থের জাড্য ঃ প্রথম সূত্রে এই কথা বলা হইয়াছে যে, কোন জড় বস্তু যদি স্থির থাকে তাহা হইলে তাহার ধর্ম হইল চিরদিন স্থির থাকা এবং যদি গতিশীল হয় তবে তাহার ধর্ম হইল চিরদিন সমবেগে সরলরেখায় গতি বজায় রাখা। পদার্থের এই ধর্ম অর্থাৎ যে-অবস্থায় তাহাকে রাখা হইল সেই অবস্থাকে বজায় রাখার চেষ্টা—এই ধর্মকেই বলে পদার্থের জাড্য। সুতরাং জাড্যকে দুইভাগে ভাগ করিয়া বলা যাইতে পারে, (1) স্থিতি জাড্য (inertia of rest) এবং (2) গতি জাড্য (inertia of motion)।

স্থিতি জাড্য সম্বন্ধে ধারণা করা কিছু কঠিন নয়। কারণ আমাদের প্রতিদিনের অভিজ্ঞতাই হইল এই যে কোন বস্তুকে কোথাও যদি রাখি তবে যতক্ষণ পর্যন্ত না তাহাকে ধাক্কা দেওয়া হইতেছে বা ঠেলা দেওয়া হইতেছে—অর্থাৎ বাহ্যিক বল প্রয়োগ করা হইতেছে ততক্ষণ পর্যন্ত সে ঐ জায়গাতেই থাকিবে। হঠাৎ বস্তুটি চলিতে আরম্ভ করে না। সুতরাং সাধারণ বুদ্ধি দ্বারা স্থিতি জাড্য বোঝা খুবই সহজ।

কিন্তু কোন বস্তুকে যদি মাটিতে গড়াইয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে বস্তুটি কিছুক্ষণ পরে থামিয়া যায়। তাহা হইলে বস্তুটি চিরদিন গতিশীল হইল কোথায়? গতি জাড্যের সত্যতা প্রমাণিত হইল কিরূপে? এখানে একটা কথা আমরা ধরি নাই। সেটা হইতেছে এই যে, বস্তুটি মাটিতে গড়াইবার সময় বাহ্যিক বলের দ্বারা প্রভাবিত হইতেছে। মাটির সহিত ঘর্ষণজাত বল, হাওয়ার দ্বারা বাধা-প্রাপ্ত হওয়ার বল প্রভৃতি বস্তুর উপর কাজ করে বলিয়া বস্তুটি কিছুক্ষণ পরে থামিয়া যায়। মাটিতে একটি বল গড়াইয়া দিলে বলটি যতদূর যাইবে মসৃণ মেঝে বা বরফের উপর তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী দূর যাইবে। কারণ মসৃণ মেঝে বা বরফে ঘর্ষণজাত বাধা মাটি অপেক্ষা অনেক কম। সুতরাং এই সব বাহ্যিক বল সম্পূর্ণ অপসারিত করিলে বস্তুটি সর্বদা গতি বজায় রাখিবে। এই ভাবে আমরা গতিজাড্য ধারণা করিয়া লইতে পারি।

স্থিতি ও গতি জাড্যের দৃষ্টান্ত ঃ

(ক) যখন যাত্রীসহ কোন স্থির গাড়ী হঠাৎ বেগে চলিতে আরম্ভ করে তখন প্রত্যেক যাত্রীই পিছন দিকে হেলিয়া পড়ে। ইহা স্থিতি জাড্যের একটি দৃষ্টান্ত। গাড়ী যতক্ষণ স্থির ততক্ষণ যাত্রীর দেহও স্থির। হঠাৎ গাড়ী চলিলে যাত্রীর দেহের নিম্নাংশ গাড়ীর সহিত সংলগ্ন বলিয়া গতিশীল হয় কিন্তু ঊর্ধ্বাংশ স্থিতি জাড্যের দরুন স্থির থাকিতে চেষ্টা করে। ফলে যাত্রী পিছন দিকে হেলিয়া পড়ে।

(খ) ক্যারম খেলিতে গিয়া তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে দুইটি ঘুঁটি একটি আর একটির উপর থাকিলে তলার ঘুঁটিটিকে স্ট্রাইকার দিয়া সজোরে আঘাত করিলে তলার ঘুঁটিটি সরিয়া যায় কিন্তু উপরের ঘুঁটিটি না সরিয়া টুপ্ করিয়া তলার ঘুঁটির জায়গা দখল করে। ইহাও স্থিতিজাড্যের উদাহরণ। আঘাত খুব জোরে এবং অল্প সময়ের মধ্যে হওয়ার ফলে উপরের স্থির ঘুঁটির স্থিতিজাড্য নষ্ট হয় না—উহা স্থিরই থাকে কিন্তু নীচের ঘুঁটি সরিয়া যাওয়ায় উহা ঐ স্থান অধিকার করে, একটুও পাশে সরিয়া যায় না।

(গ) যখন চলন্ত গাড়ী হইতে কোন আরোহী অসাবধানে নামে তখন তাহাকে সামনের দিকে পড়িয়া যাইতে দেখা যায়। ইহা গতি জাড্যের দৃষ্টান্ত। চলন্ত গাড়ীতে থাকার ফলে আরোহীর সমস্ত দেহই গতিশীল। কিন্তু মাটিতে পা দিবার সঙ্গে সঙ্গে তাহার দেহের নিম্নাংশ স্থির হয় কিন্তু গতিজাড্যের দরুন দেহের ঊর্ধ্বাংশ গতি বজায় রাখিতে চেষ্টা করে। ফলে, তাহাকে সামনের দিকে ঝুকিতে দেখা যায়।

(ঘ) চলন্ত গাড়ীর কামরার কোন আরোহী যদি একটি বলকে সোজা উপরের দিকে ছুঁড়িয়া দেয় তবে কিছুক্ষণ পরে বলটি আবার তাহার হাতে আসিয়া পড়ে, যদিও ইতিমধ্যে আরোহী সামনের দিকে খানিকটা আগাইয়া যায়। ইহাও গতিজাড্যের দৃষ্টান্ত।

বলের সংজ্ঞা ঃ প্রথম সূত্র হইতে আমরা ইহাও জানিতে পারি যে, কোন বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করিতে হইলে বাহির হইতে বস্তুটির উপর কিছু আরোপ করিতে হয়। স্থির বস্তুকে সচল করিতে বা সচল বস্তুকে স্থির অবস্থায় আনিতে অথবা জোরে কিংবা আস্তে চালাইতে হইলে বাহ্যিক কিছু প্রয়োগ না করিলে হয় না। বস্তু আপনা হইতে চলিতে পারে না বা স্থির হইতেও পারে না। বাহির হইতে যাহা প্রয়োগ করিয়া বস্তুর অবস্থার পরিবর্তন করা হয় বা পরিবর্তন করিবার চেষ্টা করা হয় তাহাকেই বল বলে

6. **দ্বিতীয় সূত্রের আলোচনা :**

দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা বলের পরিমাপ এবং বল ও ত্বরণের বা মন্দনের সম্বন্ধ নির্ণয় করিতে পারি। দ্বিতীয় সূত্র আলোচনা করার পূর্বে **ভরবেগ** (momentum) সম্বন্ধে কিছু বলা প্রয়োজন।

ভরবেগ : ভর ও বেগের সমন্বয়ে কোন গতিশীল বস্তুতে যে-ধর্মের উৎপত্তি হয় তাহাকে ভরবেগ বলে এবং ইহা বস্তুর ভর ও বেগের গুণফলের সমান। যদি কোন বস্তুর ভর 'm' এবং বেগ হয় 'v', তবে উহার ভরবেগ $= m \times v$.

বলের পরিমাপ ও $P = mf$ সমীকরণ :

মনে কর, কোন বস্তুর ভর 'm' এবং উহা 'u' বেগে চলিতেছে। এখন 't' সময় ধরিয়া বস্তুটির উপর যদি P-বল প্রয়োগ করা হয় তবে উহার বেগ পরিবর্তিত হইবে। ধরা যাউক 't' সময় পরে উহার বেগ হইল v.

সুতরাং বস্তুটির ভরবেগের পরিবর্তন $= mv - mu$.

অথবা, ভরবেগের পরিবর্তনের হার $= \dfrac{mv - mu}{t} = \dfrac{m(v-u)}{t}$

$$= mf \quad \left[\because \text{ ত্বরণ } f = \frac{v-u}{t} \right]$$

এখন, দ্বিতীয় সূত্র হইতে আমরা জানি যে,

$P \propto$ ভরবেগের পরিবর্তনের হার

বা, $P \propto mf$

সুতরাং $P = K.mf$ [K একটি ধ্রুবক]

এখন, যদি আমরা ধরিয়া লই যে একক ভরের উপর ক্রিয়া করিয়া একক ত্বরণ সৃষ্টি করিতে পারে যে-বল, তাহাই বলের একক, অর্থাৎ $P = 1$, যখন $m = 1$ এবং $f = 1$, তাহা হইলে $K = 1$.

বলের এককের উপরোক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী আমরা দেখিতে পাইতেছি $P = mf$. অর্থাৎ **বল = ভর × ত্বরণ**

ইহাই বলের মান নির্দেশক সমীকরণ।

উল্লিখিত সমীকরণ হইতে আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানিতে পারি :

(ক) যদি কোন বল কোন ভর m-এর উপর ক্রিয়া করিয়া f ত্বরণ সৃষ্টি করে, তবে,

বলের পরিমাণ = ভর (m) × ত্বরণ (f)।

(খ) যদি কোন বল P কোন গতিশীল ভর m-এর উপর এমন ভাবে ক্রিয়া করে যে বলের অভিমুখ ও ভরের গতির অভিমুখ একই, তবে বস্তুটির গতি ত্বরান্বিত হইবে এবং ত্বরণ $f=\frac{P}{m}$

(গ) যদি কোন বল P কোন গতিশীল ভব 'm'-এব উপব এমনভাবে ক্রিয়া কবে যে বলের অভিমুখ ও ভবেব গতিব অভিমুখ বিপরীত তবে বস্তুটিব গতি মন্দীভূত হয় এব' মন্দন $f=\frac{P}{m}$

বিভিন্ন পদ্ধতিতে বলের একক (Units of force in different systems) : সি জি এস পদ্ধতিতে বলেব একক-কে বলা হয় **ডাইন** (Dyne)—ইহা এমন বল যে এক গ্র্যাম ভবেব উপর ক্রিযা কবিয়া প্রতি বর্গ সেকেণ্ডে এক সেন্টিমিটাব ত্বরণ সৃষ্টি করে।

এফ পি এস পদ্ধতিতে বলের একক-কে বলা হয **পাউণ্ডাল** (poundal)। ইহা এমন বল যে এক পাউণ্ড ভরের উপব ক্রিয়া কবিয়া প্রতি বর্গসেকেণ্ডে এক ফুট ত্বরণ সৃষ্টি করে।

এই দুই একক-কে অর্থাৎ ডাইন ও পাউণ্ডালকে **চরম** (absolute) একক বলে।

7 তৃতীয় সূত্রের আলোচনা :

ধরা যাউক A এবং B দুইটি বস্তু। যদি A বস্তু B-র উপর বলপ্রয়োগ করে তাহা হইলে তৃতীয় সূত্রানুযায়ী B বস্তু A-র উপব সমান ও বিপরীতমুখী বল প্রযোগ করিবে। A-ব দ্বাবা প্রযুক্ত বলকে যদি **ক্রিয়া** বলা যায় তবে B-র দ্বারা প্রযুক্ত বলকে **প্রতিক্রিয়া** বলা হইবে। এই নিয়ম যে-কোন দুইটি বস্তুর বেলাতেই খাটিবে—বস্তু দুইটি সচল কি নিশ্চল হউক, সংস্পর্শে থাকুক কি না থাকুক। ইহার বহু দৃষ্টান্ত আমাদের প্রতিনিয়ত দৃষ্টিগোচর হয়।

যেমন, যখন কোন আরোহী নৌকা হইতে লাফাইয়া তীরে পৌছায় তখন নৌকাটি পিছনে হটিয়া যায়। আরোহী নৌকার উপর যে-বল প্রয়োগ করে তাহার ফলে নৌকাটি পিছনে সরে এবং নৌকা আরোহীর উপর যে-সমান ও বিপরীতমুখী প্রতিক্রিয়া সৃষ্টি করে তাহার ফলে আরোহী তীরে

8. **চাপ** (Pressure) :

প্রতি একক ক্ষেত্রে (unit area) প্রযুক্ত বলের পরিমাণকে **চাপ** বলা হয়। যদি A ক্ষেত্রফলের উপর মোট P বল প্রযুক্ত হয়, তবে উক্ত ক্ষেত্রফলের উপর চাপ $= \frac{P}{A}$.

চাপের একক : সি. জি. এস. পদ্ধতিতে চাপের একক হইবে dynes/sq. cm. এবং এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে একক হইবে poundals/sq. ft.

9. **মহাকর্ষ ও অভিকর্ষ** (Gravitation and gravity) :

এই বিশ্বের যে-কোন দুইটি বস্তুকণা পরস্পরকে আকর্ষণ করে এবং এই আকর্ষণের মান বস্তুকণা দুইটির ভরের গুণফলের সমানুপাতিক এবং উহাদের ভিতরকার দূরত্বের বর্গের ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional)। ইহাই নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র।

পৃথিবীর উপর বা পৃথিবীর কাছাকাছি অবস্থিত কোন বস্তুর উপর পৃথিবীর আকর্ষণকে **অভিকর্ষ** বলা হয়। এই অভিকর্ষের ফলেই গাছ হইতে ফল পড়িলে ফলটি পৃথিবী অভিমুখে ধাবিত হয় বা কোন বস্তুকে পড়িতে দিলে পৃথিবীর দিকে পড়ে।

নিউটনের দ্বিতীয় গতিসূত্র হইতে আমরা জানি যে, কোন বল যদি কোন বস্তুর উপর ক্রিয়া করে তবে বস্তুর গতি ত্বরান্বিত হয় অর্থাৎ একটি ত্বরণ সৃষ্টি হয়। সুতরাং অভিকর্ষ বলের ক্রিয়ায় যখন কোন বস্তু পৃথিবীর দিকে পড়ে তখন তাহারও একটি ত্বরণ হয়। এই ত্বরণকে বলা হয় **অভিকর্ষজ ত্বরণ** (acceleration due to gravity) এবং ইহাকে 'g' অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

প্রমাণ করা যায় যে কোন স্থানে 'g'-এর মান পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে ঐ স্থানের দূরত্বের বর্গের ব্যস্ত-অনুপাতিক। সুতরাং দূরত্ব বাড়িলে 'g'-এর মান কমিবে এবং দূরত্ব কমিলে 'g'-এর মান বাড়িয়া যাইবে। এই কারণে ভূ-পৃষ্ঠে 'g'-এর মান পাহাড়ের উপর কোন স্থানের 'g'-এর মানের চাইতে বেশী। আবার পৃথিবী সম্পূর্ণ গোলাকার নয় ; মেরুপ্রান্ত একটু চাপা। সুতরাং পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে মেরুদ্বয়ের দূরত্ব নিরক্ষরেখার (equator) দূরত্বের চাইতে কম।

এই কারণে মেরুপ্রান্তে 'g'-এর মান নিরক্ষরেখায় g-এর মান হইতে বেশী। নিম্নে দুই পদ্ধতিতে 'g'-এর গড় মান দেওয়া হইল :—

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে $g = 981$ cm/sec²

এবং **এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে $g = 32$ ft./sec²**

10. **বলের মহাকর্ষীয় একক** (Gravitational unit of force) :

পূর্বে বলের চরম এককের কথা বলা হইয়াছে। ইহা ছাড়াও বলের আর একটি একক আছে। এই একক মহাকর্ষ সূত্রের উপর প্রতিষ্ঠিত বলিয়া ইহাকে মহাকর্ষীয় একক বলে।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে এই এককের নাম **গ্র্যাম-ভার** (gramme-weight)—এক গ্র্যাম ভর-সম্পন্ন বস্তু যে-বলের দ্বারা পৃথিবী কর্তৃক আকর্ষিত হয় তাহাই গ্র্যামভার।

কাজেই, 1 গ্র্যাম-ভার $= 1$ গ্র্যাম $\times g = g$ ডাইন $= 981$ ডাইন।

এফ্. পি. এস্ পদ্ধতিতে এই এককের নাম **পাউণ্ড-ভার** (Pound-weight)—এক পাউণ্ড ভর-সম্পন্ন বস্তু যে-বলের দ্বারা পৃথিবী কর্তৃক আকর্ষিত হয় তাহাই পাউণ্ড-ভার।

কাজেই, 1 পাউণ্ড-ভার $= 1$ পাউণ্ড $\times g = g$ পাউণ্ডাল $= 32$ পাউণ্ডাল।

11. **বস্তুর ওজন** (Weight of a body) :

কোন বস্তুকে হাতের উপর রাখিলে আমরা নিম্নাভিমুখী বল অনুভব করি। বস্তুটি খুব ভারী হইলে এই বল এত বেশী হয় যে আমরা হাতের উপর উহাকে রাখিতে পারি না। কেন এই বল অনুভূত হয়? কারণ, বস্তুটিকে পৃথিবী সর্বদা আকর্ষণ করিতেছে। অর্থাৎ, এই বল অভিকর্ষজ বল (force of gravity)। **কোন বস্তুর উপর পৃথিবী মোট যে অভিকর্ষজ বল প্রয়োগ করে তাহাই হইল বস্তুর ওজন।** সুতরাং মনে রাখিতে হইবে যে ওজন কার্যত একটি বল।

আমরা নিউটনের দ্বিতীয় সূত্র হইতে জানি,

বল = ভর × ত্বরণ

কাজেই, কোন বস্তুর উপর অভিকর্ষজ বল মাপিতে গেলে বস্তুর ভরকে অভিকর্ষজ ত্বরণ দ্বারা গুণ করিতে হইবে এবং এই অভিকর্ষজ বলকেই যখন ওজন বলা হয়, তখন বস্তুর ওজন $W =$ ভর × অভিকর্ষজ ত্বরণ

সারাংশ

গতি দুই প্রকার :—(ক) চলন ও (খ) ঘূর্ণন।

নিউটনের প্রথম গতি সূত্র হইতে (1) পদার্থের জাড্য ও (2) বলের সংজ্ঞা জানিতে পারি। দ্বিতীয় সূত্র হইতে বলের পরিমাপ করিতে পারি এবং তৎসংক্রান্ত সমীকরণ হইল $P=mf$

বলের চরম একক : (1) ডাইন এবং (1) পাউণ্ডাল।

বলের মহাকর্ষীয় একক : (1) গ্রাম-ভার এবং (2) পাউণ্ড-ভার।

প্রশ্নাবলী

1 নিম্নলিখিত রাশিগুলির যথাযথ সংজ্ঞা লেখ :—(1) বেগ (2) ত্বরণ (3) মন্দন।

[Define the following quantities :—(1) Velocity (2) acceleration (3) retardation]

2 নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা কর এবং প্রথম ও দ্বিতীয় সূত্র উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[State Newton's laws of motion and illustrate the first and the second law]

3 নিউটনের গতিসূত্র বর্ণনা করিয়া বুঝাইয়া দাও কিরূপে প্রথম সূত্র হইতে বলের সংজ্ঞা এবং দ্বিতীয় সূত্র হইতে বলের পরিমাপ করা যায়।

[State Newton's laws of motion and explain how from the first law a definition of force and from the second law measurement of force may be obtained]

4 নিউটনের গতি সূত্র হইতে $P=mf$ সমীকরণটি প্রমাণ কর এবং তাহা হইতে দুই পদ্ধতিতে বলের চরম একক বুঝাইয়া লেখ।

[Establish the equation $P=mf$ from Newton's laws of motion and explain therefrom the absolute units of force in the two systems]

5 বল এবং চাপের ভিতর পার্থক্য কি? চাপের একক কি হইবে?

[What is the difference between pressure and force ? What are the units of pressure ?]

6 নিউটনের মহাকর্ষ সূত্র কি? অভিকর্ষজ ত্বরণ বলিতে কি বোঝ? অভিকর্ষজ ত্বরণ দূরত্বের উপর কিরূপভাবে নির্ভর করে?

[What is Newton's Gravitational law ? What do you mean by acceleration due to gravity ? How does it depend upon distance ?]

7 অভিকর্ষজ ত্বরণ বলিতে কি বোঝ? সি জি এস্ এবং এফ্ পি এস্ পদ্ধতিতে উহা কি একক দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

[What do you mean by 'acceleration due to gravity ?' What are the units in which this quantity is expressed in the C G S and F. P S systems ?] [*H S Exam 1960*]

8. বস্তুর ওজন বলিতে কি বুঝায়?

[What is meant by 'weight of a body' ?]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

উদস্থিতি বিদ্যা [Hydrostatics]

2-1. সূচনা ঃ

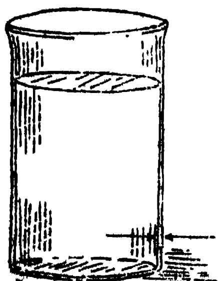
স্থির তরল পদার্থ কতগুলি বৈশিষ্ট্যের অধিকারী। এই বৈশিষ্ট্যগুলির আলোচনা করাই উদস্থিতি বিদ্যার উদ্দেশ্য। উদস্থিতি বিদ্যায় যে-তরলের কথা বলা হইবে এই তরল কয়েকটি গুণবিশিষ্ট। অর্থাৎ, তরলের সংনম্যতা (compressibility) থাকিবে না এবং তরল ঘর্ষণজাত (frictional) বলপ্রয়োগ করিবে না। তাছাড়া তরলের নিজস্ব আয়তন থাকে কিন্তু কোন বিশেষ আকার থাকে না—যে-পাত্রে রাখা যায় তরল সেই পাত্রেরই আকার ধারণ করে।

2-2. তরলের চাপ (Pressure of liquid) ঃ

তরল পদার্থের সহিত কোন বস্তুর সংস্পর্শ ঘটিলে তরল ঐ বস্তুর উপর চাপ প্রদান করিবে। **প্রতি একক ক্ষেত্রে (unit area) তরল যে বল-প্রয়োগ করে, তাহাকে তরলের চাপ বলে।**

।ঃ (1) একটি লম্বা জার জলপূর্ণ কর। এখন একটি টেস্টটিউবের বন্ধমুখ নীচের দিকে করিয়া জলের ভিতর খানিকটা ডুবাও এবং পরে ছাড়িয়া দাও। দেখিবে টেস্টটিউবটি লাফ দিয়া জলের বাহিরে পড়িবে। টেস্টটিউবের তলায় জলের চাপ পড়ে বলিয়া এইরূপ হয়।

(2) দেওয়ালে ছিদ্র আছে এরূপ একটি পাত্রে জল ঢাল (2ক চিত্র)। দেখিবে ছিদ্র দিয়া জল বাহির হইয়া আসিতেছে। ছিদ্রের আকারের সমান একটি চাকৃতি ছিদ্রের মুখে রাখিয়া জল-প্রবাহ বন্ধ করা যায়। কিন্তু চাকৃতিটিকে স্থির রাখিতে হইলে উহার উপর বাহির হইতে জলপ্রবাহের বিপরীত দিকে বল-প্রয়োগ করিতে হইবে। সুতরাং ইহা হইতে বোঝা যায় যে জল পাত্রের দেওয়ালে বল প্রয়োগ করে।



চিত্র 2ক

3। 2-3. **কোন বিন্দুতে তরলের চাপ** (Pressure of a liquid at a point) ও **ঘাত** (Thrust) :

যে-বিন্দুতে তরলের চাপ নির্ণয় করিতে হইবে উহার চতুর্দিকে তরলের উপরতলের সমান্তরাল করিয়া একটি ছোট ক্ষেত্রফল A কল্পনা কর। যদি মনে করা যায় যে উক্ত ক্ষেত্রফলের উপর তরল মোট বল F প্রয়োগ করিতেছে, তবে ঐ বিন্দুতে তরলের চাপ হইবে F ÷ A.

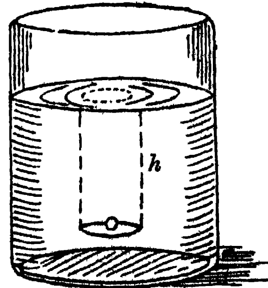
ঘাত বলিতে ঐ ক্ষেত্রফলের উপর তরল মোট যে বল প্রয়োগ করিতেছে, তাহাই বুঝায়। অর্থাৎ, **ঘাত = চাপ × ক্ষেত্রফল**।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ঘাতের একক ডাইন কিন্তু চাপের একক ডাইন প্রতি বর্গ সে. মি.।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ঘাতের একক পাউণ্ডাল কিন্তু চাপের একক পাউণ্ডাল প্রতি বর্গ ফুট।

2-4. **তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চাপের পরিমাণ নির্ণয়** (Calculation of pressure at a point in a liquid) :

মনে কর, একটি পাত্রে খানিকটা তরল রাখা হইল এবং তরলের ভিতর 'h' গভীরতায় একটি বিন্দু O আছে (2খ চিত্র)। O বিন্দুতে তরলের চাপ কত তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। O বিন্দুর চতুর্দিকে তরলের উপরতলের সমান্তরাল একটি একক ক্ষেত্রফল কল্পনা কর এবং ঐ ক্ষেত্রফলের সীমানা হইতে কতকগুলি লম্ব তরলের উপরতল পর্যন্ত টান। ইহার ফলে তরলের একটি চোঙ্ (cylinder) পাওয়া যাইবে। এই তরলের চোঙের যাহা ওজন, তাহাই হইল O বিন্দুর চতুর্দিকস্থ একক ক্ষেত্রফলের উপর প্রযুক্ত বল। অর্থাৎ, এই তরল চোঙের ওজন O বিন্দুতে তরলের চাপের সমান।



চিত্র 2খ

চোঙ্টির আয়তন $= h \times 1$ [কারণ চোঙ্টির গোলমুখের ক্ষেত্রফল $= 1$]

সুতরাং চোঙ্টির ভর = আয়তন × ঘনত্ব

$= h \times d$ [যদি d তরলের ঘনত্ব ধরা যায়]

অর্থাৎ, চোঙ্টির ওজন = ভর × g

$= h \times d \times g$

সুতরাং O বিন্দুতে চাপ $P = h.d.g$

অর্থাৎ চাপ = গভীরতা × ঘনত্ব × অভিকর্ষজ ত্বরণ।

অথবা, চাপ ∝ গভীরতা × ঘনত্ব [কারণ 'g' ধ্রুবক]

উদাহরণ :

(1) কোন তরলের ভিতর 200 cm. গভীরতায় কোন বিন্দুতে চাপ কত নির্ণয় কর। তরলের ঘনত্ব 1·03 gms/cc.

[Calculate the pressure at a point 200 cm deep in a liquid having density 1·03 gms/cc.]

উ। এস্থলে $h = 200$ cm. ; $d = 1{\cdot}03$ gms/cc. ; $g = 981$ cm/sec^2

নির্দিষ্ট বিন্দুতে চাপ, $P = h.d.g = 200 \times 1{\cdot}03 \times 981$
$= 202086$ dynes/sq.cm.

(2) একটি চোঙের ব্যাস 14 cm. ও উচ্চতা 40 cm. ; চোঙটি পারদ (ঘনত্ব 13·6 gms/cc.) দ্বারা পূর্ণ করিলে উহার তলদেশে কত ঘাত পড়িবে ?

[The diameter of a cylinder is 14 cm and its height 40 cm. If the cylinder is full of mercury (density = 13·6 gms/cc.), what is the thrust on the bottom of the cylinder ?]

উ। চোঙটির তলদেশে যে-কোন বিন্দুতে চাপ

$$P = h.d\ g = 40 \times 13{\cdot}6 \times 981 \text{ dynes/sq.cm.}$$

চোঙটির তলদেশের ক্ষেত্রফল $= \pi r^2 = \frac{22}{7} \times 7 \times 7 = 154$ sq.cm.

সুতরাং, তলদেশে ঘাত = চাপ × ক্ষেত্রফল
$= 40 \times 13{\cdot}6 \times 981 \times 154$ dynes.
$= 82184256$ dynes.

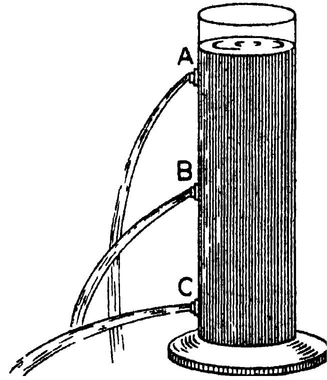
8-5. তরলের চাপের কতকগুলি বৈশিষ্ট্য (Some characteristics of liquid pressure) :

(ক) স্থির তরল পদার্থের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুতে চাপ বিন্দুটির গভীরতার উপর নির্ভর করে (Pressure at a point within a liquid at rest, depends on the depth of the point) :

তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চাপ নির্ণয় করিতে গিয়া আমরা দেখিয়াছি যে চাপ গভীরতার সমানুপাতিক। অর্থাৎ গভীরতা বাড়িলে চাপ বাড়িবে এবং

গভীরতা কমিলে চাপ কমিবে। ডুবুরীরা যখন সমুদ্রে ডুব দেয়, তখন যত তলায় যায়, তত বেশী চাপ অনুভব করে। ইহা একটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা বুঝানো যাইবে।

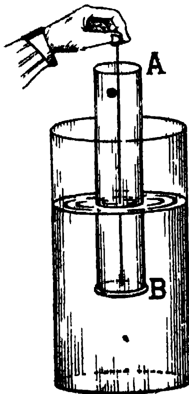
পরীক্ষা: একটি লম্বা চোঙের গায়ে পরপর তিন-চারটি ছিদ্র কর এবং ছিদ্রগুলি মোম দ্বারা আটকাইয়া দাও। চোঙ্‌টি কোন তরল—ধর জল দ্বারা পূর্ণ কর। এখন একটি পিন দিয়া তাড়াতাড়ি একই সঙ্গে মোমগুলি ছিদ্র করিয়া দাও। দেখিবে ছিদ্র দিয়া জলের ধারা বাহির হইয়া আসিতেছে এবং সব চাইতে তলার ছিদ্র C দিয়া জল সর্বাপেক্ষা দূরে যাইতেছে (2গ নং চিত্র), এবং সব চাইতে উপরের ছিদ্র A দিয়া জল সর্বাপেক্ষা কম দূরে যাইতেছে। এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে C বিন্দুতে জলের চাপ সর্বাপেক্ষা বেশী এবং A বিন্দুতে সর্বাপেক্ষা কম, অর্থাৎ জলের চাপ গভীরতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়।



জলের চাপ গভীরতা বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়
চিত্র 2গ

(খ) কোন বিন্দুতে স্থির তরলের ঊর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান

(Liquid, at rest, exerts pressure in vertically upward and downward directions at a point within it and they are equal):



কোন বিন্দুতে জলের ঊর্ধ্ব চাপ ও নিম্নচাপ সমান
চিত্র 2ঘ

পরীক্ষা: একটা মোটা কাচের পাত্র আধা-আধি জলপূর্ণ কর। একটি দুমুখ খোলা কাচের চোঙ্ A লও। আংটাযুক্ত একটি ধাতব চাক্‌তি B লও যাহা A চোঙ্‌টির মুখ নিশ্ছিদ্রভাবে (watertight) বন্ধ করিতে পারে। আংটার সহিত একগাছা সুতা আটকাও যাহাতে সুতাটি টানিয়া B চাক্‌তিটি A-চোঙের মুখে লাগানো যায়। এইভাবে A-চোঙটির মুখ বন্ধ করিয়া চোঙটি জলের ভিতর খানিকটা ডুবাইয়া সুতাটি ছাড়িয়া দাও (2ঘ নং চিত্র)। দেখিবে B-চাক্‌তিটি

পড়িয়া যাইবে না। কেন পড়িবে না? কারণ চাকৃতিটির নীচের জল চাকৃতির উপর ঊর্ধ্বচাপ প্রয়োগ করিতেছে। ইহার দ্বারা প্রমাণ হয় জলের ঊর্ধ্বচাপ আছে।

এখন আস্তে আস্তে A চোঙ্‌টির ভিতর জল ঢাল। জল একটু রঙিন করিয়া লইলে ভাল হয়। দেখিবে যে চোঙের ভিতরকার জলের তল (level) এবং বাহিরের জলের তল যতক্ষণ সমান না হইবে B-চাকৃতি ততক্ষণ পড়িবে না। যেই দুই তল সমান হইবে (চোঙের ভিতরকার জল রঙিন বলিয়া বুঝিতে সুবিধা হইবে) তখনই চাকৃতি পড়িয়া যাইবে। ইহার দ্বারা বোঝা যাইতেছে B-চাকতির উপর জলের ঊর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান হইল এবং চাকৃতিটি নিজের ভাবে পড়িয়া গেল। অর্থাৎ, কোন বিন্দুতে তরলের ঊর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান।

(গ) **স্থির তরল পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে** (Liquid, at rest, exerts sideways or lateral pressure):

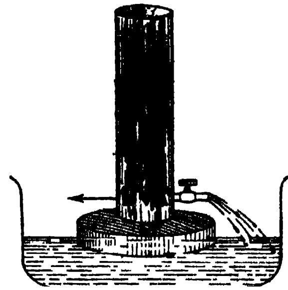
তরলের পার্শ্বচাপের দৈনন্দিন উদাহরণ খুব বিরল নয়। যখন হোস্‌পাইপ দ্বারা রাস্তায় জল দেওয়া হয় তখন পাইপের গায়ে ছিদ্র থাকিলে দেখা যায় যে সেই ছিদ্র দিয়া সূক্ষ্ম জলধারা জোরে বাহির হইয়া আসিতেছে। ইহার কারণ জল পাইপের গায়ে পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে।

নৌকার গায়ে ফুটা থাকিলে ঐ ফুটা দিয়া জল নৌকায় প্রবেশ করে ইহা তোমরা অনেকে দেখিয়াছ। ইহারও কারণ পার্শ্বচাপ।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে তরলের পার্শ্বচাপ দেখানো যাইতে পারে।

পরীক্ষা: একটি খুব পাতলা ধাতব চোঙ্‌ লইয়া উহার নিম্ন প্রান্তের কাছাকাছি গায়ে একটি ছিদ্র কর এবং ছিদ্রটি প্যাঁচকল দিয়া খোলা বা বন্ধ করিবার ব্যবস্থা কর। চোঙ্‌টি নিশ্ছিদ্রভাবে (water tight) একটি পাতলা কর্কের উপর বসাও এবং সমগ্র জিনিসটি জলের উপর ভাসাইয়া রাখ। এখন আস্তে আস্তে চোঙ্‌টি জলপূর্ণ কর। দেখিবে চোঙ্‌টি এক জায়গায় স্থির হইয়া ভাসিবে। অতঃপর খুব সাবধানে প্যাঁচকল খুলিয়া দাও। দেখিবে কলের মুখ দিয়া জল বাহির হইয়া আসিতেছে কিন্তু সমগ্র জিনিসটি জলপ্রবাহের

বিপরীত দিকে (তীরচিহ্নের দিকে) আস্তে আস্তে সরিয়া যাইতেছে (2ঙ নং চিত্র)। উহার কারণ জলের পার্শ্বচাপ।

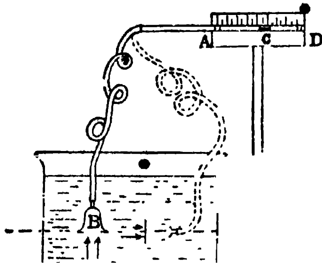


তরল পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে

চিত্র 2ঙ

যখন প্যাঁচকল বন্ধ ছিল তখন জল চোঙের গায়ে সর্বত্র সমান ভাবে পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করিতেছিল এবং যে-কোন তলে (level) এই পার্শ্বচাপ সমান ও বিপরীত বলিয়া চোঙটি স্থির ছিল। কিন্তু যেই প্যাঁচকল খুলিয়া দেওয়া হইল অমনি খোলা মুখ দিয়া জল বাহির হইতে লাগিল। ফলে A বিন্দুতে জলের পার্শ্বচাপ রহিল না কিন্তু বিপরীত বিন্দু B-তে চাপ ঠিকই রহিল। সুতরাং AB তলে অসম (unbalanced) চাপ ক্রিয়া করার ফলে সমগ্র জিনিসটি AB অভিমুখে আস্তে আস্তে সরিয়া যাইবে।

(ঘ) **স্থির তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমান চাপ প্রয়োগ করে** (Liquid, at rest, exerts pressures at a point within it in all directions with equal magnitude) :



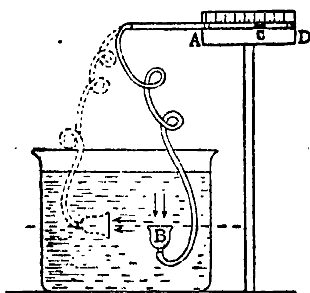
তরলের মধ্যে কোন বিন্দুতে চতুর্দিকের চাপ সমান

চিত্র 2চ

B-একটি কাচের ফানেল। উহার মুখ পাতলা রবার দ্বারা আটকানো। ফানেলটি সরু ছিদ্রবিশিষ্ট কাচের নল A-র সহিত রবার টিউব দিয়া সংযুক্ত। কাচের নলটি অনুভূমিক অবস্থায় একটি ফ্রেমে (D) আটকানো এবং ফ্রেমটির সঙ্গে একটি স্কেল লাগানো আছে। A নলটির ভিতর এক ফোঁটা রঙিন জল (ছবিতে c) রাখা আছে। উহা সূচকের (index) কাজ করিবে (2চ নং চিত্র)।

একটি গভীর পাত্র জলপূর্ণ কর। ফানেলটির মুখ নিম্নাভিমুখী করিয়া জলের ভিতরে প্রবেশ করাও। দেখিবে সূচকটি ডানদিকে সরিয়া গিয়াছে। ফানেলটির মুখে জলের ঊর্ধ্বচাপ পড়ায় ফানেল ও রবার টিউবের ভিতরস্থ

বায়ু সংকুচিত হইয়া রঙ্গীন জলের ফোঁটাকে চাপ দিয়া সরাইয়া দেয়। ইহা দ্বারা জলের ঊর্ধ্বচাপ দেখান হইল।



এক অনুভূমিক তলের সকল বিন্দুতে চাপ সমান

চিত্র 2ছ

এখন ফানেলটির মুখ একই গভীরতায় রাখিয়া উপরে, নীচে, পার্শ্বে, চতুর্দিকে ঘুরাও (2চ ও 2ছ চিত্র)। দেখিবে সূচকটি একই জায়গায় স্থির হইয়া আছে। ইহার দ্বারা প্রমাণ হয় যে, তরলের অভ্যন্তরস্থ কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমানভাবে চাপ প্রয়োগ করে।

ইহা ছাড়া যদি ফানেলের মুখ একই গভীরতায় রাখিয়া ডানদিকে বা বামদিকে সরানো যায় তবে দেখা যাইবে যে সূচকের কোন স্থান পরিবর্তন হইতেছে না। ইহা প্রমাণ করে যে, যে-কোন অনুভূমিক তলে (horizontal level) সর্বত্র তরলের চাপ সমান।

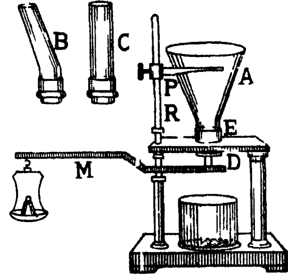
(ঙ) কোন তরলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে ঘাত তরলের উচ্চতা ও তলদেশের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে।

(Thrust exerted by a liquid on the base of a vessel depend upon the area of the base and the height of the liquid) ঃ

কোন পাত্র জলপূর্ণ করিলে পাত্রের তলদেশে যে-ঘাত পড়ে তাহা মোট জলের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না ; তলদেশের ক্ষেত্রফল ও জলের উচ্চতার উপর নির্ভর করে। প্রথমত এই ব্যাপার অবিশ্বাস্য বলিয়া মনে হয়, কারণ স্বভাবতই আমরা ধরিয়া লই যে, মোট জলের পরিমাণের উপর ঘাত নির্ভর করা উচিত। এইজন্য এই ব্যাপারটিকে **উদস্থৈতিক কূট** (Hydrostatic Paradox) বলে।

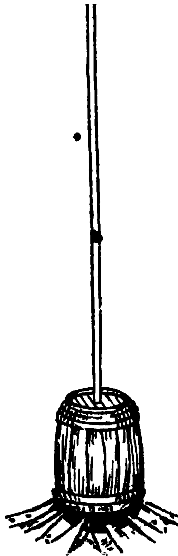
পরীক্ষা ঃ A, B, C কতকগুলি দুমুখ-খোলা ভিন্ন আকার ও আয়তনের পাত্র কিন্তু ইহাদের ভূমির (base) প্রস্থচ্ছেদ (cross-section) সমান ইহাদের বলা হয় পাস্কালের পাত্র। ইহাদের প্রত্যেককেই একটি প্যাটাতনের উপর আটকানো প্যাচ E-এর সহিত লাগানো যায়। প্যাচ E-এর মুখের [illegible] পাত্রগুলির ভূমির প্রস্থচ্ছেদের সমান। D একটি [illegible]

ইহা প্যাঁচ E-এর মুখ বন্ধ করিতে পারে। একটি দণ্ডের (M) একপ্রান্তে এই চাকৃতিটি আট্‌কানো এবং অন্য প্রান্তে একটি তুলাপাত্র ঝুলানো আছে। P একটি সূচক যাহা R-দণ্ড বাহিয়া উঠানো বা নামানো যায় (2জ নং চিত্র)।



উদস্থৈতিক কূট পরীক্ষা
চিত্র 2জ

এখন A পাত্রটিকে E প্যাঁচে আটকাইয়া দাও। তুলাপাত্রে কিছু ওজন রাখ যাহাতে D চাকৃতিটি প্যাঁচের মুখ আটকাইয়া থাকে। A পাত্রটিতে আস্তে আস্তে জল ঢাল। D চাকৃতির উপর ক্রমশ জলের ঘাত বাড়িবে এবং যখন ঘাত তুলাপাত্রে রক্ষিত ওজনের সামান্য বেশী হইবে তখন চাকৃতিটি নিজের ভারে আল্‌গা হইয়া যাইবে এবং ফাঁক দিয়া জল পড়িয়া যাইবে। সূচক P-দ্বারা A পাত্রে জলের উচ্চতা নির্ণয় করিয়া রাখ। A-পাত্রটি সরাইয়া একে একে B এবং C পাত্র প্যাঁচে লাগাও। দেখিবে B এবং C পাত্রে জলের উচ্চতা যখন সূচক-নির্দিষ্ট আগেকার উচ্চতার সমান হইল ঠিক তখনই আবার জল বাহির হইয়া পড়িল। অর্থাৎ D-চাকৃতির উপর ঘাত চাকৃতির ক্ষেত্রফল ও উচ্চতার উপর নির্ভর করিতেছে—মোট জলের উপর নয়। কারণ, A, B এবং C পাত্রে মোট জলের পরিমাণ ভিন্ন।


পাস্কালের পরীক্ষা
চিত্র 2ঝ

পাস্কাল আর একটি মজার পরীক্ষা দ্বারা উপরোক্ত তথ্য প্রমাণ করিয়াছেন।

একটি কাঠের পিপা জলপূর্ণ করা হইল। জলের চাপে পিপাটি অক্ষতই রহিল। পরে একটি 30 ফুট লম্বা সরু নল পিপার মুখে লাগাইয়া তাহাতে জল ভর্তি করা হইল (2ঝ নং চিত্র)। ফলে পিপাটি ফাটিয়া গেল। যদিও খুব কম জলই ঢালা হইল কারণ নলটি বেশ সরু তবুও পিপাটির তলদেশে যে ঘাত পড়িল তাহা

এমন একটি জলস্তম্ভের ঘাতের সমান যে স্তম্ভের ভূমি (base) হইতেছে পিপার ভূমির সমান এবং উচ্চতা নল পর্যন্ত উচ্চতার সমান। কাজেই ঘাত মোট জলের উপরে নির্ভর করে না—নির্ভর করে উচ্চতা ও ভূমির ক্ষেত্রফলের উপর।

উদাহরণ

(1) একটি বাঁধ 1500 ft লম্বা এবং উহা 100 ft গভীর জলকে আটকাইয়া রখিয়াছে। বাঁধটির উপর মোট কত পার্শ্বঘাত পড়িতেছে ?

[A dam is 1500 ft. long and water is 100 ft deep What is the total lateral thrust on the dam ?]

উ। এস্থলে বাঁধটির সর্বত্র পার্শ্বচাপ সমান হইবে না, কারণ সর্বত্র জলের গভীরতা সমান নয়। এক্ষেত্রে বাঁধটির সর্বনিম্ন বিন্দুতে কত পার্শ্বচাপ পড়িতেছে এবং সর্বোচ্চ বিন্দুতে কত পার্শ্বচাপ পড়িতেছে তাহা নির্ণয় করিয়া উহাদের গড় বাহির করিলে গড় পার্শ্বচাপ পাওয়া যাইবে। অতঃপর জল সংলগ্ন বাঁধের ক্ষেত্রফলকে ঐ পার্শ্বচাপ দিয়া গুণ করিলে মোট পার্শ্বঘাত পাওয়া যাইবে।

এখন সর্বনিম্ন বিন্দুতে জলের গভীরতা $=100$ ft সুতরাং তথায় পার্শ্বচাপ $=100\times 62{\cdot}5$ lbs/sq. ft.

সর্বোচ্চ বিন্দুতে জলের গভীরতা শূন্য। সুতরাং তথায় পার্শ্বচাপ শূন্য।

অতএব, গড় পার্শ্বচাপ $=\dfrac{100\times 62{\cdot}5+0}{2}$

$=50\times 62{\cdot}5$ lbs/sq ft

কাজেই, মোট ঘাত = ক্ষেত্রফল × গড় পার্শ্বচাপ

$=(1500\times 100)\times 50\times 62{\cdot}5$ lbs

$=46875\times 10^4$ lbs.

2. একটি ঘনকের প্রত্যেক পাশের দৈর্ঘ্য 40 cm, 1·2 gms/c. c. ঘনত্ব সম্পন্ন একটি তরলে উহাকে এমনভাবে ডুবানো হইল যে উহার উপরতল 30 cm. গভীরতায় আছে। ঘনকের প্রত্যেক তলে মোট কত করিয়া ঘাত পড়িবে নির্ণয় কর।

[A cube of side 40 cm is immersed in a liquid of density 1·2 gm /c.c. so that the upper face is at a depth of 30 cm. from the liquid surface. Calculate the total thrust on every surface of the cube.

উ। ঘনকের উপরতল 30 cm. গভীরতায় আছে। কাজেই উপবতলের প্রতি বিন্দুতে চাপ = $30 \times 1{\cdot}2$ gm. wt.

∴ ঘনকের উপরতলে মোট ঘাত = চাপ × ক্ষেত্রফল
$= 30 \times 1{\cdot}2 \times 40 \times 40 = 57600$ gm-wt.

ঘনকের নীচেব তল $(30+40) = 70$ cm গভীরতায় আছে। কাজেই নীচের তলেব প্রতি বিন্দুতে চাপ = $70 \times 1\,2$ gm wt.

∴ ঘনকেব নীচেব তলে মোট ঘাত = $70 \times 1\,2 \times 40 \times 40$
$= 134400$ gm wt.

ঘনকের খাড়াতলে জলের পার্শ্বচাপ পড়িতেছে। খাড়াতলের প্রত্যেক বিন্দুর গভীবতা সমান নয়। এক্ষেত্রে গড় পার্শ্বচাপ বাহির করিয়া লইতে হইবে।

এখন খাড়াতলের সর্বোচ্চ বিন্দুতে পার্শ্বচাপ = $30 \times 1\,2$ gm. wt.
এবং সর্বনিম্ন " = $70 \times 1\,2$,,

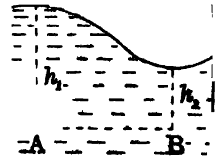
কাজেই গড় পার্শ্বচাপ = $\frac{(30 \times 1\,2) + (70 \times 1{\cdot}2)}{2} = 50 \times 1\,2$ gm. wt.

∴ খাড়াতলে মোট ঘাত = গড় পার্শ্বচাপ × খাড়াতলের ক্ষেত্রফল
$= 50 \times 1{\cdot}2 \times 40 \times 40 = 96000$ gm. wt.

2-6. স্থির তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অনুভূমিক (Free surface of a liquid, at rest, is always horizontal) :

যখন কোন পাত্রে রক্ষিত তরল স্থির থাকে তখন তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অনুভূমিক হয়।

ধরা যাউক, উপরিস্থ তল অনুভূমিক নয়—বক্র (2ঞ নং চিত্র)। তরলের অভ্যন্তরে এক অনুভূমিক তলে A এবং B দুইটি বিন্দু লও। মনে কর A-বিন্দুর গভীরতা h_1 এবং B-বিন্দুর গভীরতা h_2।



চিত্র 2ঞ

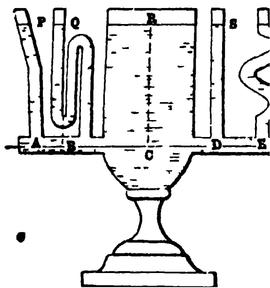
A বিন্দুর চাপ = $h_1 d.g.$ [d = তরলের ঘনত্ব]
B বিন্দুর চাপ = $h_2 d.g.$

যেহেতু h_2-র চাইতে h_1 বড, কাজেই A বিন্দুর চাপ B বিন্দুর চাপের চাইতে বেশী। অতএব তরল স্থির থাকিতে পারে না, A বিন্দু হইতে B বিন্দুতে যাইবে। স্থির থাকিতে গেলে A এবং B বিন্দুর চাপ সমান হইতে হইবে, অর্থাৎ $h_1 = h_2$ হইতে হইবে। সুতরাং তরল স্থির থাকিলে উপরিস্থ তল অনুভূমিক হইতে হইবে।

2-7. পরস্পর সংযুক্ত পাত্রে তরল একই তলে থাকিতে চায় (In a communicating vessel liquid finds its own level) :

P, Q, R, S, T প্রভৃতি বিভিন্ন আকার ও আয়তনের কতগুলি পরস্পর-সংযুক্ত পাত্র। যে-কোন একটি পাত্র, ধর, P-তে জল ঢালিলে জল অন্য পাত্রেও প্রবেশ করিবে এবং স্থির অবস্থায় দেখা যাইবে যে প্রত্যেক পাত্রের জলের উপরিস্থ তল একই অনুভূমিক তলে আছে (2ট নং চিত্র)। ইহার কারণ নিম্নে বলা হইল।

একই অনুভূমিক রেখায় প্রত্যেক পাত্রের তলদেশে A, B, C, D E প্রভৃতি বিন্দু লও।



পরস্পর সংযুক্ত পাত্রে তরল একই তলে থাকে

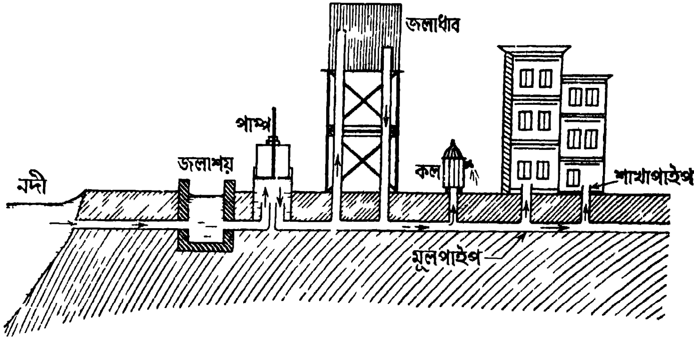
চিত্র 2ট

যেহেতু তরল স্থির, কাজেই A, B প্রভৃতি বিন্দুতে চাপ সমান। A, B, C প্রভৃতি একই অনুভূমিক রেখায় স্থাপিত হওয়ায় উপরিস্থ তল হইতে তাহাদের গভীরতা সবই সমান হইবে। নতুবা চাপ সমান হইতে পারে না। অর্থাৎ, প্রত্যেক পাত্রের উপরিস্থ তল একই অনুভূমিক সমতলে থাকিবে। তরল একই তলে থাকিতে চায় (liquid finds its own level)—ইহা তরলের একটি বিশেষ ধর্ম।

তরল একই তলে থাকিতে চায়—এই ধর্মের ব্যবহারিক প্রয়োগ (Practical applications of the property that liquid finds its own level) :

(a) **শহরে জল সরবরাহ**—তরলের উপরোক্ত ধর্মের ফলে শহরে জল সরবরাহ ব্যবস্থা সম্ভবপর হইয়াছে। বড় বড় শহরে পৌর-প্রতিষ্ঠান কর্তৃক বাড়ি বাড়ি পানীয় জল সরবরাহ করা হয়। নিকটবর্তী কোন নদী, হ্রদ বা জলাশয় হইতে পাম্প দ্বারা জল একটু উঁচু জলাধারে জমা করা হয়। এই জলাধারটি শহরের যে সর্বোচ্চস্থানে জল সরবরাহ করিতে হইবে তদপেক্ষা আরো উঁচু স্থানে রাখা হয় (চিত্র 2ঠ)। সেই আধারের সহিত পাইপ সংযোগ করিয়া পাইপ শহরের বিভিন্ন অংশে লইয়া যাওয়া হয় এবং এই মূল পাইপ হইতে শাখা-পাইপ বিভিন্ন বাড়িতে দেওয়া হয়। যে-চাপে বাড়িতে

জল সরবরাহ হয় তাহা আধারের উচ্চতার (head of water) উপর নির্ভর করে। যখন আধার হইতে জল পাইপে ছাড়া হয় তখন ঐ চাপের জন্য জলের চেষ্টা হইবে পাইপ বাহিয়া আধারের যে তল সেই পর্যন্ত উঠিবার। সুতরাং



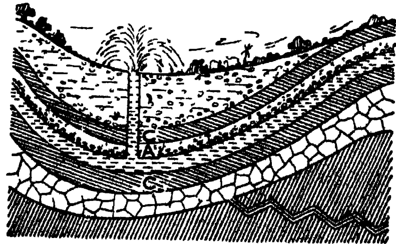
শহরে জল সরবরাহ ব্যবস্থা
চিত্র 2ঠ

সহজেই শহরের বাড়িতে জল সরবরাহ হইবে। জল পাইপ বাহিয়া যত উপরে উঠিবে এবং আধারের তল পর্যন্ত পৌঁছাইবার চেষ্টা করিবে তত জলের চাপ কমিয়া যাইবে। এই কারণে দোতলা বা তিনতলার কলে জলের যে চাপ দেখা যায় একতলার কলে তদপেক্ষা অনেক বেশী চাপ থাকে।

কলিকাতা শহরের উপকণ্ঠে টালাতে 300 ফুট উঁচু একটি জলাধার আছে। সেখান হইতে পানীয় জল শহরের বিভিন্ন অংশে সরবরাহ করা হয়।

(b) আর্টেসীয় কূপ (Artesian well) :

পৃথিবীর অভ্যন্তরে নানারকমের স্তর দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাদের কতগুলি পাথর, শ্লেট, মাটি ইত্যাদি দ্বারা গঠিত এবং ইহাদের ভিতর জল প্রবেশ করিতে পারে না। আবার কতগুলি স্তর আছে যেগুলি কোমল এবং ইহাদের ভিতর জল সহজে চোঁয়াইয়া প্রবেশ করিতে পারে। বৃষ্টির জল অথবা ভূ-পৃষ্ঠের জলাশয়, হ্রদ ইত্যাদি হইতে জল চোঁয়াইয়া এই সমস্ত কোমল স্তরে সঞ্চিত হয়। কখন কখন এমন হয় যে দুইটি



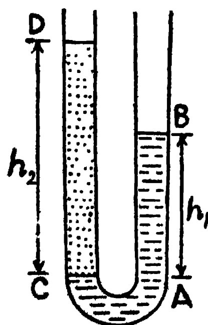
আর্টেসীয় কূপ
চিত্র 2ড

কঠিন স্তরের মধ্যে (2ড নং চিত্রে C এবং C) একটি কোমল স্তর (A) অবস্থিত থাকে এবং ইহাদের আকার অনেকটা U অক্ষরের ন্যায় বাঁকানো। ফলে এই কোমল স্তরে জল আট্‌কা পড়িয়া যায়। এখন ভূ-পৃষ্ঠ হইতে গর্ত খুঁড়িয়া একটি নল ঐ কোমল স্তর পর্যন্ত ঢুকাইতে পারিলে নল বাহিয়া জল ভূ-পৃষ্ঠ পর্যন্ত আসিবে—কারণ জলের ধর্মই হইল এক লেভেলে আসা। সুতরাং নলের মুখ হইতে জোরে জল বাহির হইয়া আসিবে। ফ্রান্সের আঁতোয়া (Artois) অঞ্চলে সর্বপ্রথম এই ধরনের কূপ খনন করা হইয়াছিল এবং এই কারণে ইহাকে আর্টেসীয় কূপ বলা হয়। সাহারা মরুভূমি অঞ্চলে ঐ ধরনের কূপ খনন করিয়া জল-সেচের ব্যবস্থা করা হইয়াছে।

2-8. U-আকৃতি নলে দুইটি তরল পদার্থের সাম্য (Balancing columns in a U-tube) :

দুইটি তরল পদার্থ—যাহারা পরস্পর মিশে না এবং যাহাদের ঘনত্ব (density) আলাদা—একটি U-আকৃতি নলে ঢালিলে দেখা যাইবে যে উহাদের উপরতল অনুভূমিক বটে, কিন্তু একই উচ্চতায় নাই এবং ইহা প্রমাণ করা যায় যে উভয় তরলের স্পর্শতল হইতে উক্ত তরল স্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতা তরলদ্বয়ের ঘনত্বের ব্যস্ত-অনুপাতিক।

2ঢ নং চিত্রে একটি কাচের U-নল দেখানো হইয়াছে। ধরা যাউক, নলের যে কোন মুখ দিয়া প্রথমে পারদ ঢালা হইল। দেখা যাইবে যে পারদ উভয় বাহুতেই এক উচ্চতায় আছে। এই পারদের উপর জল ঢাল। জলের চাপে ঐ বাহুতে পারদের তল নামিয়া যাইবে এবং অপর বাহুতে পারদের তল উচ্চে উঠিবে। যখন সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবে তখন দেখা যাইবে যে এক বাহুতে জলের উপর-তলের এবং অন্য বাহুতে পারদের উপর-তলের উচ্চতা বিভিন্ন। ধরা যাউক, CD হইল জলস্তম্ভের উচ্চতা এবং B হইল পারদের উপর-তল। CA রেখা উভয় তরলের সংযোগস্থল।



U-নলে দুই তরলের সাম্য

চিত্র 2ঢ

এস্থলে যেহেতু তরলদ্বয় স্থির এবং CA একটি অনুভূমিক রেখা অতএব C বিন্দুতে জলের চাপ = A বিন্দুতে পারদের চাপ।

এখন, C বিন্দুতে জলের চাপ $= h_2 d_2 g$ [$h_2 = CD$, $d_2 =$ জলের ঘনত্ব]

এবং A „ পারদের „ $= h_1 d_1 g$

[$h_1 = AB$; $d_1 =$ পারদের ঘনত্ব]

$$\therefore \quad h_1 d_1 g = h_2 d_2 g$$

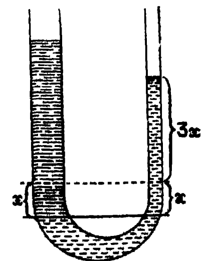
অথবা, $$\frac{h_1}{h_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

উপরোক্ত সমীকরণে নলের প্রস্থচ্ছেদের কোন উল্লেখ নাই। ইহার অর্থ এই যে উপরোক্ত ফল (result) নলের প্রস্থচ্ছেদের উপর নির্ভর করে না— নল মোটা কিংবা সরু হউক তাহাতে কিছু তারতম্য হয় না। তবে নল খুব সরু অর্থাৎ কৈশিক (capillary) নল হইতে কৈশিক আকর্ষণ ক্রিয়া করিবে এবং উপরোক্ত হিসাবে (calculation) ত্রুটি থাকিবে।

উদাহরণ ঃ একটি U-নলের এক বাহুর প্রস্থচ্ছেদ 3 sq.cm. এবং অপর বাহুর প্রস্থচ্ছেদ 1 sq. cm. ; নলটিকে খাড়া ভাবে রাখিয়া উহাতে কিছু পারদ ঢালা হইল। অতঃপর মোটা বাহু দিয়া পারদের উপর 60 c.c জল ঢালা হইল। ইহার ফলে মোটা বাহুতে পারদস্তম্ভ কতখানি নামিয়া যাইবে নির্ণয় কর। পারদের ঘনত্ব $= 13{\cdot}6$ gms/c.c.

[The cross-section of one arm of a U-tube is 3 sq. cm. and that of the other is 1 sq. cm. Keeping the tube vertical some mercury is poured into the tube and thereafter 60 c. c of water is poured over mercury through the wider arm. Find by how much the mercury column will go down in the wider tube. Density of mercury $= 13{\cdot}6$ gms/c.c.]

উ। প্রথমে পারদ U-নলে উভয় বাহুতেই সমান উচ্চতায় থাকিবে। 2চ (i) নং চিত্রে কাটা রেখা দ্বারা ঐ উচ্চতা দেখানো হইয়াছে। পরে মোটা বাহু দিয়া জল ঢালা হইলে মনে কর, পারদ মোটা বাহুতে x cm. নামিয়া গেল। যেহেতু মোটা বাহুর প্রস্থচ্ছেদ সরু বাহু অপেক্ষা তিনগুণ কাজেই সরু বাহুতে পারদ $3x$ cm. উঠিবে। এখন, জল ও পারদের স্পর্শতল হইতে অনুভূমিক রেখা টানিলে (ছবিতে টানা লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে) সরু বাহুতে ঐ রেখা হইতে পারদের উচ্চতা $= 4x$ cm.



চিত্র 2চ (i)

মোটা নলে পারদের উপর যে জলস্তম্ভ দাঁড়াইবে তাহার উচ্চতা $= \frac{60}{3} = 20$ cm.

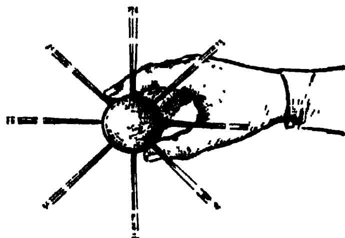
এইবার U-নলে তরল পদার্থের সাম্য হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{20}{4x} = \frac{13 \cdot 6}{1} \quad [\text{ জলের ঘনত্ব} = 1 \text{ gm/c.c.}]$$

$$x = \frac{20}{4 \times 13 \cdot 6} = 0 \cdot 36 \text{ cm. (প্রায়)}$$

2-9. তরলের চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পাস্কালের সূত্র (Pascal's law for the transmission of liquid pressure) :

কোন আবদ্ধ (confined) **তরলের যে কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায়** (undiminished magnitude) **সর্বদিকে সঞ্চালিত করে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তরল-সংলগ্ন পাত্রের উপর লম্বভাবে** (normally) **ক্রিয়া করে।** ইহাই পাস্কালের সূত্র।

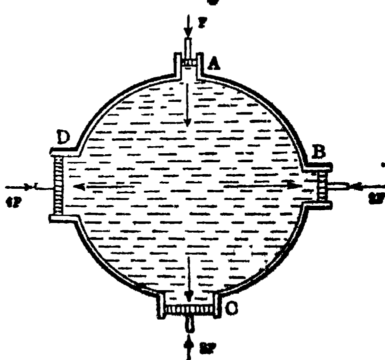


বলটিকে চাপ দিলে ছিদ্রপথে জল সমভাবে বাহির হইবে

চিত্র 2ণ

পরীক্ষা : (ক) একটি রবারের বলে ফুটা করিয়া বলটি জলপূর্ণ কর। এখন, বলের গায়ে পিন দিয়া কয়েকটি সূক্ষ্ম ছিদ্র কর। এইবার আঙ্গুল দিয়া বলকে চাপ দিলে ছিদ্রপথে জল সমভাবে বাহির হইতে দেখা যাইবে (2ণ নং চিত্র)। ইহা প্রমাণ করে যে আঙ্গুল কর্তৃক প্রযুক্ত চাপকে জল সর্বদিকে সমভাবে সঞ্চালিত করিয়াছে।

(খ) একটি জলপূর্ণ আবদ্ধপাত্রে A, B, C, D চারিটি ছিদ্র আছে। ছিদ্রগুলি জলরোধক (water-tight) পিস্টন দিয়া বন্ধ করা। এখন যদি A পিস্টনে চাপ দেওয়া যায় তবে দেখা যাইবে B, C এবং D পিস্টনগুলি বাহিরের দিকে সরিয়া গেল। ইহা প্রমাণ করে যে, A-পিস্টনে প্রযুক্ত চাপকে জল সর্বদিকে সঞ্চালিত করিল (2ত নং চিত্র)।



পাস্কালের সূত্র পরীক্ষা

চিত্র 2ত

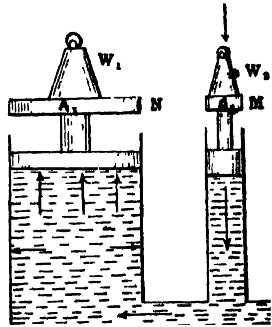
এখন মনে কর, A-পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 1 একক (unit area)

এবং B, C, এবং D পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ যথাক্রমে 2, 3, এবং 4 একক। যদি A-পিস্টনে F বল প্রয়োগ করা হয় তবে, B, C, এবং Dকে স্থির রাখিতে হইবে বাহির হইতে বিপরীত দিকে উহাদের উপর 2F, 3F এবং 4F বলপ্রয়োগ করিতে হইবে (ছবি দেখ)। ইহা প্রমাণ করে যে এই পিস্টনগুলির প্রতি এককক্ষেত্রে যে বল সঞ্চালিত হইয়াছে তাহা A-পিস্টনে প্রযুক্ত বলের সমান অর্থাৎ, জল অপরিবর্তিত মাত্রায় চাপ সঞ্চালিত করিল। তাছাড়া, পিস্টনগুলি সরিয়া আসিবার অভিমুখ (direction) লক্ষ্য করিলে বোঝা যাইবে যে সঞ্চালিত চাপ পিস্টনগুলির উপর লম্বভাবে (normally) ক্রিয়া করে।

2-10. পাস্কালের সূত্র হইতে ঘাত বৃদ্ধির নীতি (Principle of multiplication of thrust from Pascal's law) :

2খ নং চিত্র একটি মোটা এবং একটি সরু চোঙ একটি নল দ্বারা সংযুক্ত দেখানো হইয়াছে। উভয় চোঙেই একটি করিয়া পিস্টন আছে এবং পিস্টনের মাথায় ওজন রাখিবার পাটাতন আছে। এই পরস্পর সংযুক্ত পাত্র জলপূর্ণ করিয়া M পাটাতনের উপব একটি W_2 ওজন রাখা হইয়াছে। যদি M পাটাতনের ক্ষেত্রফল A_2 হয় তবে পাটাতনের উপর প্রযুক্ত নিম্নচাপ $= W_2/A_2$, এই চাপ ঐ পিস্টন সংলগ্ন জলে পড়িতেছে। পাস্কালের সূত্রানুযায়ী জল ঐ চাপকে অপরিবর্তিত মাত্রায় চতুর্দিকে সঞ্চালিত করিবে। সুতরাং N-পিস্টনটির পাটাতনের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে সঞ্চালিত বল $= W_2/A_2$; যদি N-পাটাতনের ক্ষেত্রফল A_1 হয় তবে উহার উপর ঘাত

$$= \text{চাপ} \times \text{ক্ষেত্রফল} = \frac{W_2}{A_2} \times A_1 = W_2 \times \frac{A_1}{A_2}$$



ঘাত বৃদ্ধির নীতি
চিত্র 2খ

সুতরাং ইহার ফলে N-পিস্টনটি উপরে দিকে উঠিতে থাকিবে। ধর, N-পিস্টনটিকে স্থির রাখিবার জন্য উহার উপর W_1 ওজন চাপাইতে হইল; তাহা হইলে $W_1 = W_2 \times \frac{A_1}{A_2}$

যদি A_1, A_2-র চাইতে 100 গুণ হয় তবে M পাটাতনে 1 মণ ওজন রাখিলে N-পাটাতনের উপর 100 মণ ওজন রাখ...

যাইতেছে যে, ঘাত 100 গুণ বাড়িয়া গেল। এইভাবে বদ্ধ-তরলের একস্থানে অল্প বল প্রয়োগ করিয়া অন্যস্থানে বহুগুণ বল উৎপন্ন করা যায়। ইহাকেই ঘাত-বৃদ্ধির নীতি বলে।

2-11. হাইড্রলিক প্রেস (Hydraulic Press) :

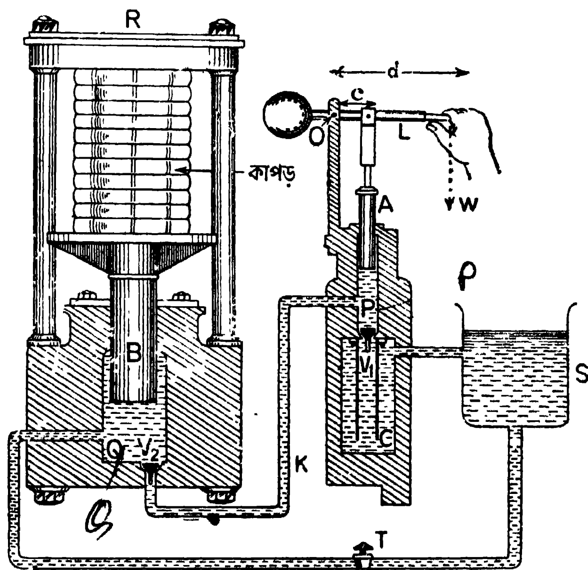
ঘাত-বৃদ্ধির উপরোক্ত নীতি হাইড্রলিক প্রেস নামক একটি যন্ত্রে প্রয়োগ করা হইয়াছে। ব্রামা নামে একজন বৃটিশ ইঞ্জিনীয়ার ইহার কিছু উন্নতি-বিধান করেন বলিয়া এই যন্ত্রকে অনেক সময় **ব্রামা প্রেস** বলা হয়। এই যন্ত্রদ্বারা প্রচণ্ড ঘাতের সৃষ্টি করা যায় এবং তাহা দিয়া কাপড, পাট, তুলা প্রভৃতির গাঁট চাপিয়া ছোট করা, বীজ হইতে তেল নিষ্কাশন করা প্রভৃতি কাজ হইয়া থাকে। মেরামতের জন্য ভারী মোটরগাড়ী উঁচুতে তুলিবার জন্য মোটর গ্যারেজে হাইড্রলিক প্রেস ব্যবহৃত হয়। এই ধবনের ব্যবস্থাকে 'Hydraulic garage lift' বলা হয়।

বিবরণ :

পরপৃষ্ঠায় 2দ নং চিত্রে হাইড্রলিক প্রেসের একটি নক্শা দেখানো হইয়াছে। P এবং Q দুইটি লোহার তৈয়ারী চোঙ্ K-নল দ্বারা সংযুক্ত। P-এর প্রস্থচ্ছেদ ছোট এবং Q-এর প্রস্থচ্ছেদ অনেক বড। A একটি নিরেট (solid) লোহার পিস্টন। L-হাতল দ্বারা উহাকে P-চোঙের ভিতর যাতায়াত করানো যায় ; B আর একটি নিবেট লোহার পিস্টন। ইহার মাথায় একটি পাটাতন আছে। এই পাটাতনের উপর কাগজ, পাট, কাপড ইত্যাদি চাপিবার জন্য রাখা হয়। R একটি শক্ত লোহার পাত—চারিটি থামের সাহায্যে দৃঢভাবে আটকানো। V_1 এবং V_2 দুইটি ভাল্ভ্ (valve) যাহা দিয়া জলকে শুধু উপরের দিকে চালানো যাইতে পারে। জল নীচু দিকে আসিতে চেষ্টা করিলেই ভাল্ভ্ দুইটি শক্তভাবে চোঙের মখে আটকাইয়া যায়। S একটি জলাধার।

L-হাতল দ্বারা A-পিস্টনকে উপরদিকে উঠাইলে জলের চাপে V_1-ভালভটি আল্গা হইয়া যায় এবং জলাধার-S হইতে জল আসিয়া P চোঙটি ও K নল ভর্তি করে। এখন A-পিস্টনকে নীচুদিকে চাপ দিলে V_1-ভাল্ভ্ বন্ধ হইয়া যায় কিন্তু V_2-ভাল্ভ্ জলের চাপে খুলিয়া যায় এবং জল Q-চোঙে প্রবেশ করিয়া B-পিস্টনের উপর চাপ দেয়। পাস্কালের সূত্রানুযায়ী A-পিস্টনের প্রদত্ত

চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায় B-পিস্টনে সঞ্চালিত হয় এবং B-পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ A-পিস্টনের যতগুণ, বলও ততগুণ বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ B-পিস্টন প্রচণ্ড বলের সহিত উপরে উঠিতে চেষ্টা করে। ফলে B-এর পাটাতনের উপর রক্ষিত বস্তু R-লোহার পাত ও পাটাতনের মধ্যে পড়িয়া প্রচণ্ড চাপ খায়। একদফা কাজ



হাইড্রলিক প্রেস
চিত্র 2দ

হইয়া গেলে Q-চোঙের জলকে সরাইয়া জলাধারে লইয়া যাইবার জন্য T-প্যাচকলটি খুলিয়া দিতে হয়। ফলে Q-চোঙের উচ্চ চাপের জল ঐ বিকল্প পথ দিয়া জলাধারে ফিরিয়া যায়।

হাইড্রলিক প্রেসে উৎপন্ন মোট ঘাত (Total thrust developed in a hydraulic press) :

ঘাতবৃদ্ধির নীতি ছাড়া লিভারের কার্যনীতির দরুনও হাইড্রলিক প্রেসে ঘাত বৃদ্ধি পায়। মোট কত ঘাত উৎপন্ন হয় তাহা নিম্নলিখিতরূপে নির্ণয় করা যায়।

2দ নং চিত্রে L-হাতলটি একটি লিভার। হাইড্রলিক প্রেসে এই লিভার দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভার হিসাবে ব্যবহৃত হইয়াছে ; কারণ একপ্রান্তে আলম্ব O এবং অপর প্রান্তে হাত দ্বারা W-বল প্রয়োগ করা হয়। A-পিস্টনটি আলম্ব ও

W-এর মধ্যবর্তী কিন্তু আলম্বের কাছাকাছি কোন স্থানে যুক্ত। পিস্টন হইতে আলম্ব পর্যন্ত দূরত্ব c এবং বল (W) প্রয়োগের বিন্দু হইতে আলম্বের দূরত্ব d হইলে, পিস্টনে যে-বল (F_1) উৎপন্ন হইবে, লিভারের কার্যনীতি হইতে তাহা আমরা লিখিতে পারি,

$$F_1 \times c = W \times d$$

$$Or, \quad F_1 = W.\frac{d}{c}$$

দ্বিতীয় শ্রেণীর লিভারে d-দৈর্ঘ্য c-দৈর্ঘ্য হইতে বেশী হওয়ায় F_1-এর মান W অপেক্ষা বেশী হইবে। সুতরাং এইখানে কিছু ঘাত বৃদ্ধি করা হইল।

এখন, মনে করা যাউক যে A-পিস্টনের ক্ষেত্রফল α এবং B-পিস্টনের ক্ষেত্রফল β ; যদি B-পিস্টনে উৎপন্ন মোট ঘাত F_2 হয়, তবে ঘাতবৃদ্ধির নীতি অনুযায়ী

$$F_2 = F_1.\frac{\beta}{\alpha}$$

$$= W.\frac{d}{c}.\frac{\beta}{\alpha}$$

c অপেক্ষা d বড় এবং α অপেক্ষা β বড় হওয়ায় F_2-এর মান W অপেক্ষা অনেক বড় হইবে। অর্থাৎ, লিভারে অল্প বলপ্রয়োগ করিয়া B-পিস্টনে প্রচণ্ড বল সৃষ্টি করা যাইবে।

এই প্রসঙ্গে একটি কথা মনে রাখিতে হইবে। হাইড্রলিক প্রেস দ্বারা অল্প বলপ্রয়োগে বেশী বল উৎপন্ন করা যায় বটে ; কিন্তু শক্তির দিক হইতে আমরা কোন লাভবান হই না। যে-শক্তি আমরা প্রয়োগ করি ঠিক সেই শক্তি আমরা ফিরিয়া পাই ; বরং ঘর্ষণ ইত্যাদির দরুন প্রাপ্ত শক্তি প্রযুক্ত-শক্তি অপেক্ষা কিছু কম হয়।

উদাহরণ ঃ

(1) একটি হাইড্রলিক প্রেসের ছোট পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 1 বর্গফুট এবং বড় পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ 20 বর্গফুট। যদি ছোট পিস্টনে 200 পাউণ্ড বলপ্রয়োগ করা হয় তবে বড় পিস্টনে কত বল উৎপন্ন হইবে ?

[The sectional area of the smaller piston of a hydraulic press is 1 sq. ft, and that of the larger one is 20 sq. ft. If a force of 200 lbs be applied on the smaller piston, what will be the force developed on the larger one ?]

উঃ। আমরা জানি, $F_1 = F_2 \times \frac{A_1}{A}$

[F_1 = বড় পিস্টনে উৎপন্ন বল

F_2 = ছোট পিস্টনে প্রদত্ত বল

A_2 = ছোট পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ

A_1 = বড় পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ]

এখানে $F_2 = 200$ পাউণ্ড ; $A_1 = 20$ বর্গফুট ;

$A_2 = 1$ বর্গফুট $F_1 = ?$

$$F_1 = 200 \times \frac{20}{1} = 4000 \text{ পাউণ্ড।}$$

(2) একটি হাইড্রলিক প্রেসের লিভারের দুই বাহুর দৈর্ঘ্য 4 inches এবং 2 feet. ছোট পিস্টনের ব্যাস 2 inches এবং বড় পিস্টনের ব্যাস 20 inches. লিভারের প্রান্তে 25 lbs বল প্রয়োগ করিলে বড় পিস্টনে মোট কত ঘাত উৎপন্ন হইবে ?

[Two arms of the lever of a hydraulic press are 4 inches and 2 feet long. The diameter of the smaller piston is 2 inches and that of the larger one is 20 inches. If a force of 25 lbs be applied at the end of the lever, what will be the force developed on the larger piston ?]

উ.। ধরা যাউক, ছোট পিস্টনে F_1 বল উৎপন্ন হইল। লিভারের কার্যনীতি হইতে আমরা জানি,

$$25 \times 2 = F_1 \times \frac{4}{12} \quad [\, 4 \text{ inches} = \tfrac{4}{12} \text{ ft} \,]$$

$$\therefore \quad F_1 = \frac{25 \times 2 \times 12}{4} = 150 \text{ lbs}$$

এবার মনে করা যাউক বড় পিস্টনে F_2 বল উৎপন্ন হইল। ঘাত বৃদ্ধি নীতি হইতে আমরা জানি,

$$F_2 = F_1 \times \frac{\text{বড় পিস্টনের ক্ষেত্রফল}}{\text{ছোট ,, ,,}}$$

$$= F_1 \times \frac{\pi(10)^2}{\pi(1)^2} \quad \left[\begin{array}{l} \text{বড় পিস্টনের ব্যাসার্ধ} = 10 \text{ inches} \\ \text{ছোট ,, ,,} = 1 \text{ inch} \end{array} \right.$$

$$= F_1 \times 100$$

$$= 150 \times 100 = 15{,}000 \text{ lbs}$$

(3) একটি বোতল তেল দ্বারা ভর্তি করিয়া কর্ক আটকানো হইল; বোতলের গলা এবং তলার ব্যাস যথাক্রমে $\frac{1}{2}$ inch এবং 3 inches ; কর্কের উপর 5 lbs-wt বলপ্রয়োগ করিলে তলায় কত ঘাত উৎপন্ন হইবে ?

[A bottle is completely filled with oil and corked. If the diameters of the neck and bottom of the bottle be $\frac{1}{2}$ inch and 3 inches respectively, calculate the thrust on the bottom when the cork is pressed with a force of 5 lbs. wt.]

[*H. S. Exam. 1961*]

উ। গলার প্রস্থচ্ছেদ $= \pi r^2 = \pi(\frac{1}{4})^2$ sq. inch.

তলার প্রস্থচ্ছেদ $= \pi r^2 = \pi(\frac{3}{2})^2$ sq. inch.

এখন, গলায় প্রদত্ত চাপ $= \frac{5}{\pi(\frac{1}{4})^2} = \frac{80}{\pi}$ lbs. wt/sq. inch

সুতরাং তলার প্রতি একক ক্ষেত্রফলে উৎপন্ন বল $= \frac{80}{\pi}$ lbs. wt/sq. inch

$\therefore$ তলার মোট ঘাত $= \frac{80}{\pi} \times \pi(\frac{3}{2})^2$ lbs. wt.

$= 180$ lbs. wt.

সারাংশ

তরলের চাপ :—

যদি A ক্ষেত্রফলের উপর তরল F বল প্রয়োগ করে তবে

তরলের চাপ, $P = F/A = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}}$

তরলের ঘাত :—

ঘাত = চাপ × ক্ষেত্রফল

$= P \times A$.

তরলের মধ্যস্থিত বিন্দুতে চাপের পরিমাণ :

যদি বিন্দুর গভীরতা হয় h, তরলের ঘনত্ব হয় d, তবে বিন্দুতে তরলের চাপ, $P = h.\ d.\ g$

স্থির তরলের বৈশিষ্ট্য :

(i) তরল পদার্থের অভ্যন্তরে কোন বিন্দুতে চাপ বিন্দুটির গভীরতার উপর নির্ভর করে।

(ii) কোন বিন্দুতে তরলের ঊর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান।

(iii) তরল পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করে।

(iv) তরলের মধ্যস্থিত কোন বিন্দুতে তরল চতুর্দিকে সমান চাপ প্রয়োগ করে।

(v) তরলের উপরিস্থ তল সর্বদা অনুভূমিক।

কোন তরলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে ঘাত তরলের উচ্চতা ও পাত্রের তলদেশের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে।

পরস্পর সংযুক্ত পাত্রে তরল একই তলে থাকিতে চায়।

পাস্কালের সূত্র :

কোন আবদ্ধ তরলের যে-কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ অপরিবর্তিত মাত্রায় সর্বদিকে সঞ্চালিত করে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তরল-সংলগ্ন পাত্রের উপর লম্বভাবে ক্রিয়া করে।

ঘাত-বৃদ্ধির নীতি :—পাস্কালের সূত্র অবলম্বন করিয়া তরলের সাহায্যে অল্প বলকে বহুগুণ বৃদ্ধি করা যায়।

হাইড্রলিক প্রেস :—এই যন্ত্র ঘাত-বৃদ্ধি নীতির কার্যকর প্রয়োগ। ইহা দ্বারা প্রচণ্ড ঘাতের সৃষ্টি করা যায় এবং বিভিন্ন ব্যবহারিক ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয়। কাপড়ের কল, পাটের কল. কাগজের ফ্যাক্টরী, মোটর গাড়ীর কারখানা প্রভৃতি প্রতিষ্ঠান এই যন্ত্র ব্যবহার করে।

প্রশ্নাবলী

1. তরলের 'ঘাত' ও 'চাপের' মধ্যে পার্থক্য বুঝাইয়া দাও। কোন বিন্দুতে তরলের চাপের পরিমাণ কত?

[Explain the difference between 'thrust' and 'pressure' in a liquid. What is the pressure at a point in a liquid ?] [*H. S. (comp) 1960. H, S. Exam. '62*]

2. সমুদ্রজলের ঘনত্ব 1·025 lbs/c. ft ; যদি 1 ঘনফুট পরিষ্কার জলের ওজন 62·5 পাউণ্ড হয়, তবে 10 ফুট নীচে সমুদ্রজলের চাপ নির্ণয় কর।

[The density of sea-water is 1·025 lbs./c. ft. If 1 c. ft. of fresh water weighs 62·5 lbs, calculate the pressure at a depth of 10 ft. in sea water.]
[Ans. 640·625 lbs/sq. ft.]

3. একটি আয়তাকার বাক্সের দৈর্ঘ্য 10 ft. প্রস্থ 8 ft এবং উচ্চতা 6 ft ; ঐ বাক্স সম্পূর্ণ জলপূর্ণ করা হইলে বাক্সের তলায় মোট কত ঘাত পড়িবে?

[The length, breadth and height of a rectangular box are respectively 10 ft., 8 ft., and 6 ft. When the box is full of water, calculate the total thrust on its bottom. [1 c. ft. of water weighs 62·5 lbs.] [Ans. 30,000 lbs]

4. একটি আয়তাকার জলাধার 4 ft. লম্বা, 2 ft চওড়া এবং 2 ft উচ্চ। উহা জলপূর্ণ করা হইলে উহার তলায় এবং পাশে কত ঘাত পড়িবে নির্ণয় কর। জলের ঘনত্ব 62·5 lbs/c.ft

[A rectangular tank 4 ft. long, 2 ft. broad and 2 ft. deep is full of water (density 62·5 lbs./c. ft.). Find the thrust on the bottom, on one broad side and on one end side.] [Ans. 1000 lbs ; 500 lbs. ; 250 lbs]

5. একটি খালের লক্-গেট 12 ft. চওড়া। উহার একপাশে জলের গভীরতা 16 ft এবং অন্য পাশে 10 ft. হইলে গেটের উপর মোট ঘাত নির্ণয় কর। 1 c. ft. জলের ওজন 62·5 lbs.

[The lock-gate of a canal is 12 ft broad. The depth of water on one side of the gate is 16 ft and that on the other side is 10 ft. Calculate the total thrust on the gate if 1 c ft of water weighs 62 5 lbs] [Ans 585,00 lbs]

6 তরলের মধ্যস্থিত কোন বিন্দুতে চতুর্দিকে যে চাপ আছে তাহা পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও। ঐ চাপ বিন্দুর গভীরতার উপর নির্ভর করে তাহাও পরীক্ষা দ্বারা বুঝাও।

[Explain, by means of experiment, that liquid exerts pressure in all direction at a point within it Also describe a simple experiment to prove that the pressure depends upon the depth of the point] [*H S Exam 1962*]

7. একটি লম্বা পাতলা চোঙের প্রায় তলদেশে একটি প্যাঁচকল আঁটিয়া চোঙটি জলপূর্ণ করা হইল এবং একখণ্ড কর্কের উপর রাখিয়া জলে ভাসানো হইল। প্যাঁচকলটি খুলিয়া দিলে কি দেখিবে তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাও।

[A tall thin vessel provided with a tap at the side near the bottom is filled with water and made to float upright on a piece of cork Explain what happens when the tap is opened]

8 উদস্থৈতিক কূট কি ? পরীক্ষাদ্বারা বুঝাইবার চেষ্টা কর।

[What is 'hydrostatic paradox' ? Explain it with suitable experiments]

9 'তরল একই তলে থাকিতে চায়'—ইহার কি পরীক্ষা তোমার জানা আছে ? ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ইহার কি প্রয়োগ আছে ?

[What experiment do you know to illustrate that liquid finds its own level' ? What is its practical application ?]

10. একটি U-নলের তলায় কিছু পারদ আছে। নলের এক বাহু দিয়া কেরোসিন তেল এবং অপর বাহু দিয়া গ্লিসারিন ঢালা হইল। দেখা গেল যে কেরোসিন তেলের উচ্চতা যখন 10 cm এবং গ্লিসারিনের উচ্চতা 6 84 cm হইল তখন উভয় বাহুতেই পারদ এক লেভেলে রহিল। কেরোসিনের ঘনত্ব 0 8 gm/cc হইলে গ্লিসারিনের কত ?

[There is some mercury at the bottom of a U tube Kerosene oil is poured over the mercury through one arm and glycerine through the other It is found that mercury stands at the same level in the two arms when the heights of kerosene oil and glycerine are respectively 10 cm and 6 84 cm Density of kerosene being 0 8 gm/c c calculate the denisty of glycerine] [Ans. 1 26]

11 সমপ্রস্থচ্ছেদ সম্পন্ন একটি U-নলের অর্ধেক জলপূর্ণ আছে। U-নলের যে কোন বাহু দিয়া 0 88 gm/cc ঘনত্ব সম্পন্ন কোন তরলের কতখানি তরল ঢালিলে অন্য বাহুতে জলের তল 7 cm ঊর্ধ্বে উঠিবে। U-নলের খোলা মুখের ব্যাস 1 cm

[A uniform U-t[illegible]lf-filled with water. How many c c of oil of density 0[illegible]ust be poured into one limb to make the surface of water rise 7 c[illegible]e other limb ? The diameter of the tube is 1 cm.] [Ans. 12 5 cc.]

12. 54 ft জলের নীচে একটি লক্-গেটে 4 inch বর্গের একটি ছিদ্র হইয়াছে। এই ছিদ্রের মুখ দিয়া জল বাহির হওয়া বন্ধ করিতে হইলে কত বলের দ্বারা একটি চাকতিকে ঐ ছিদ্রের মুখে ধরিতে হইবে ?

[A 4 inch square hole has been detected in a lock-gate at a depth of 54 ft, from water surface With how much force a disc is to be held at the hole in order to stop the outflow of water ? Density of water 62 5 lbs/c ft]

[Ans 377 lb wt.]

13. প্যাস্কালের সূত্র বলো এবং তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। এই সূত্র হইতে ত বৃদ্ধির নীতি কিরূপে পাওয়া যায় ?

[State Pascal's law and explain it fully. How can you obtain the principle multiplication of thrust from the law ? [*H. S.* (*comp.*) *1961 P. U. 1962*]

14. হাইড্রলিক প্রেস কি ? ইহার বিবরণ ও কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। কি কাজে হার প্রয়োগ হয় ? ইহাতে মোট কত ঘাত উৎপন্ন হয় ?

[What is a hydraulic press ? Describe it and explain its action. For hat purpose is it used ? What is the total thrust developed in it ?]

[cf. *H. S. Exam. 1961*]

15. একটি হাইড্রলিক প্রেসের ছোট পিস্টনের ব্যাস 1 inch এবং বড় পিস্টনের ব্যাস foot. ছোট পিস্টনে 56 lbs বল প্রয়োগ করিলে বড় পিস্টনে কত বল উৎপন্ন হইবে ? পিস্টনের প্রস্থচ্ছেদ গোলাকার।)

[The diameter of the smaller piston of a hydraulic press is 1 inch and that the larger one is 1 foot. Calculate the thrust developed on the larger piston hen a force of 56 lbs is applied on the smaller one. The cross-sections of ie pistons are circular.] [*P. U. 1962*] (Ans. 8064 lbs)

16. একটি জলপূর্ণ বোতলের তলার প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 80 sq. cm. উহার গলায় কটি কর্ক লাগানো আছে। কর্কের ক্ষেত্রফল 1 sq. cm. ; কর্কের উপর যদি 40 gms. wt. ন প্রযুক্ত হয় তবে বোতলের তলায় কত ঘাত পড়িবে ?

[The sectional area of the bottom of a bottle is 80 sq. cm. The bottle is ıll of water and is closed by a cork whose area is 1. sq. cm. If a force of) gms. wt. be applied on the cork, calculate the force developed on the ›ttom.] [Ans. 1200 gms. wt.]

17. একটি হাইড্রলিক প্রেসের দুইটি পিস্টনের ব্যাস যথাক্রমে 8 inches এবং 80 inches ; ! ft. লম্বা একটি লিভার দণ্ডের আলম্ব বিন্দু হইতে 2 ft. দূরে ছোট পিস্টনটি আবদ্ধ। বড় স্টনে 5000 lbs. wt. বল উৎপন্ন করিতে হইলে লিভার দণ্ডের প্রান্তে কত বল প্রয়োগ বিতে হইবে ?

[The diameters of the pistons of a hydraulic press are respectively 8 ches and 80 inches. The smaller piston is attached 2 ft. from the fulcrum ıd of a lever 12 ft. long. What force must be applied at the end of the lever make the press exert a force of 5000 lbs. wt. ? [Ans, 8·8 lbs]

Objective Type Questions]

18. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির মধ্যে যেটির উত্তর 'হ্যাঁ' হইবে তাহার ডানদিকের শূন্যস্থানে Y এবং যেটির উত্তর 'না' হইবে তাহার ডানদিকের শূন্যস্থানে N লেখ :—

(i) তরলের চাপ কি তরলের গভীরতার উপর নির্ভর করে [illegible]

(ii) পাত্রের তলদেশে তরল যে ঘাত উৎপন্ন করে তাহ[illegible]তরলের [illegible]রিমাণের উপর নির্ভর করে ?

(iii) U-আকৃতির নলে দুইটি তরল পদার্থের সাম্যের সহিত [illegible]লের প্রস্থচ্ছেদের বা বায়ুমণ্ডলের চাপের কোন সম্পর্ক আছে কি ?

(iv) শহরে জল সরবরাহ ব্যবস্থা কি 'তরল একই তলে থাকিতে চায়' এই ধর্মের প্রয়োগ বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে ?

(v) কোন আবদ্ধ তরলের যে-কোন অংশে চাপ প্রয়োগ করিলে তরল সেই চাপ কি অসমানভাবে সর্বদিকে সঞ্চালিত করে ?

(vi) হাইড্রলিক প্রেসের সাহায্যে আমরা কি শক্তির দিক হইতে বিশেষ লাভবান হই ?

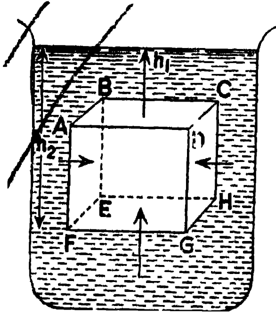
তৃতীয় পরিচ্ছেদ

ভাসমান বস্তু ও আর্কিমিডিসের নীতি

[Floating bodies and Archimedes' principle]

3-1. তরলে নিমজ্জিত কোন বস্তুর উপর মোট ঘাতের পরিমাণ (Calculation of resultant thrust on a body immersed in a liquid) :

ABCDEFGH একটি ছয়তলবিশিষ্ট ঘনক (cube)। ঘনকটির যে-কোন পাশের দৈর্ঘ্য l. একটি পাত্রে রক্ষিত কোন তরলের মধ্যে ঘনকটি নিমজ্জিত আছে। ঘনকটির উপরিস্থ তল (ABCD) h_1 গভীরতায় এবং তলদেশ (EFGH) h_2 গভীরতায় আছে (3ক চিত্র)। ঘনকটির উপর তরল প্রদত্ত মোট ঘাতের পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইবে।



চিত্র নং 3ক

ঘনকটির খাড়াতল (vertical surface) যেমন ABEF বা CDGH যে-ঘাত সহ্য করিতেছে তাহা অনুভূমিক। সুতরাং যে-কোন খাড়াতলের মোট ঘাত বিপরীত খাড়াতলের ঘাতের সমান ও বিপরীত হওয়ায় খাড়াতলগুলি মোট কোন ঘাত গ্রহণ করে না।

কিন্তু উপরিস্থ ABCD তলের যে-কোন বিন্দুর উপর জলের নিম্নচাপ [illegible]মাণ $= h_1 d g.$ ($d =$ তরলের ঘনত্ব)।

সুতরাং সমস্ত ত[illegible]মোট নিম্নমুখী ঘাত = চাপ × ABCD তলের ক্ষেত্রফল।

$$= h_1 \, d \, g. \times l^2$$

$$= l^2 h_1 . d . g.$$

EFGH তলে জলের ঊর্ধ্বচাপ পড়িতেছে। আমরা জানি যে, কোন অনুভূমিক রেখায় জলের ঊর্ধ্বচাপ ও নিম্নচাপ সমান।

সুতরাং EFGH তলে যে-কোন বিন্দুতে জলের ঊর্ধ্বচাপ

অতএব EFGH তলে মোট ঊর্ধ্বমুখী ঘাত = চাপ × ঐ তলের ক্ষেত্রফল

$$= h_2 d.g. \times l^2 = l^2 h_2 d.g.$$

যেহেতু $h_2 > h_1$ কাজেই EFGH তলের ঊর্ধ্বমুখী ঘাত ABCD তলের নিম্নমুখী ঘাতের চাইতে বেশী।

অর্থাৎ, ঘনকটির উপর মোট ঊর্ধ্বমুখী ঘাত $= l^2 h_2 d\,g. - l^2 h_1 d.g.$

$$= l^2 d.g.\ (h_2 - h_1)$$

$$= l^3 d.g.\ [\because\ \ h_2 - h_1 = l\,]$$

কিন্তু l^3 ঘনকটির আয়তন এবং $l^3 \times d$ ঘনকটির সম-আয়তন তরলের ভর।

সুতরাং, $l^3 d.g.$ = ঘনকটির সম-আয়তন তরলের ওজন।

অর্থাৎ, দেখা গেল যে **ঘনকটি যখন তরলে পূর্ণ নিমজ্জিত থাকে তখন ঘনকটি একটি ঊর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করে এবং ঘাতের পরিমাণ হইতেছে সম-আয়তন তরলের ওজন।**

উপরোক্ত তথ্য শুধু যে নির্দিষ্ট আকারের ঘনকের বেলাতে প্রযোজ্য তাহা নহে। যে-কোন আকারের বস্তুর বেলাতে এবং বস্তুটি পূর্ণ বা আংশিক নিমজ্জিত থাকিলেও প্রযোজ্য হইবে। অর্থাৎ, সাধারণভাবে আমরা বলিতে পারি যে, কোন বস্তু আংশিক বা পরিপূর্ণভাবে তরলে নিমজ্জিত থাকিলে ঊর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করিবে এবং এই ঘাত বস্তুটি যে আয়তনের তরল স্থানচ্যুত করিবে উহার ওজনের সমান হইবে।

এই ঊর্ধ্বমুখী ঘাতকে **প্লবতা** (buoyancy) বলে। এই ঘাত স্থানচ্যুত তরলের ভারকেন্দ্রে ক্রিয়া করে এবং ঐ ভারকেন্দ্রকে **প্লবতা-কেন্দ্র** (centre of buoyancy) বলে।

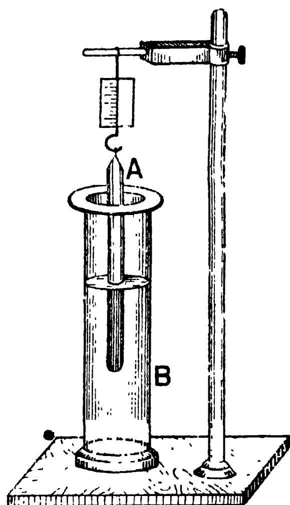
3-2. তরলে নিমজ্জমান অবস্থায় বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস (Apparent loss of weight of a body immersed in a liquid) :

আমরা দেখিলাম কোন বস্তুকে তরলে পূর্ণ বা আংশিক নিমজ্জিত করিলে বস্তু ঊর্ধ্বমুখী প্লবতা অনুভব করে যাহা স্থানচ্যুত তরলের ওজনের সমান।

এখন, বস্তুর নিজস্ব ওজন লম্বভাবে নিম্নমুখী ক্রিয়া করে এবং প্লবতা লম্বভাবে ঊর্ধ্বমুখী ক্রিয়া করে। ফলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয়। ওজনের এই আপাত-হ্রাস বস্তু যতটা তরল অপসারিত করে তাহার ওজনের সমান। যদি

বস্তুর নিজস্ব ওজন হয় W_1 এবং অপসারিত তরলের ওজন হয় W_2 তবে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর আপাত-ওজন $= W_1 - W_2$

বস্তুর ওজনের এই আপাত-হ্রাস তোমরা অনেকেই হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ। ভারী কলসী বা ভারী বস্তু যাহা নাড়াইতে বেশ কষ্ট হয় জলের ভিতর তাহা অনায়াসে নাড়ানো যায়, ইহা তোমরা হয়ত অনুভব করিয়াছ। কূয়া হইতে জল তুলিবার সময় জলপূর্ণ বালতি যতক্ষণ জলের ভিতর থাকে ততক্ষণ সহজেই টানিয়া তোলা যায়; কিন্তু জলের উপরে উঠিলেই বেশী ভারী বোধ হয়।



বস্তুর ওজনের আপাত হ্রাস
চিত্র 3খ

3-3. বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস দেখাইবার পরীক্ষা (Experiment to demonstrate the apparent loss of weight of a body) :

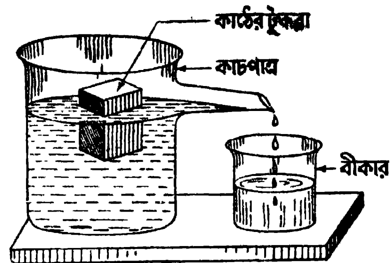
একটি নিরেট ধাতব চোঙ্ A স্প্রীং-তুলার হুক্ হইতে ঝুলাও। স্প্রীং-তুলা যে-পাঠ দিবে তাহাই চোঙের বায়ুতে ওজন। একটি বড় লম্বা পাত্রে (B) জল রাখিয়া চোঙ্‌টি আস্তে আস্তে জলের ভিতর ডুবাও (3খ নং চিত্র)। দেখা যাইবে স্প্রীং-তুলার পাঠ ক্রমশ কমিতেছে। চোঙ্‌টি যখন পূর্ণ নিমজ্জিত হইবে তখন ওজনের হ্রাস সর্বাপেক্ষা বেশী হইবে।

চোঙ্‌টি জলের বাহিরে আনিলে ইহা পূর্বের ওজন ফিরিয়া পাইবে। অতএব, চোঙ্‌টি জলে থাকা অবস্থায় যে ওজন হ্রাস হইয়াছিল তাহা আপাত হ্রাস।

3-4. তরলে ভাসমান বস্তু নিজ ওজনের সমান ওজন-বিশিষ্ট তরল অপসারণ করে (A floating body displaces liquid whose weight is same as the weight of the body) :

এক টুকরা কাঠ লইয়া তুলাযন্ত্রের সাহায্যে ওজন নির্ণয় কর। 3গ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ একটি নির্গমন নল (exit tube) যুক্ত কাচপাত্র

লও এবং উহাতে জল ঢাল যেন জলের তল নির্গমন-নলের মুখ বরাবর থাকে। একটু বেশী জল ঢালা হইলে নল দিয়া অতিরিক্ত জল বাহির হইয়া যাইবে। এইবার একটি ওজন করা খালি কাচের বীকার ঐ নলের নীচে রাখ যাহাতে নল দিয়া জল পড়িলে জল ঐ বীকারে জমা হইতে পারে। এখন আস্তে আস্তে কাঠের টুকরাটিকে কাচপাত্রের জলে ভাসাও। খানিকটা জল নির্গমন-নল বাহিয়া বীকারে পড়িবে। যখন জল পড়া বন্ধ হইবে তখন জলসহ বীকার ওজন কর। ইহা হইতে জলের ওজন পাওয়া যাইবে; দেখিবে যে জলের ওজন কাঠের টুকরার ওজনের সমান হইল। সুতরাং ভাসমান অবস্থায় কাঠের টুকরা যে জল অপসারণ করে উহার ওজন টুকরার ওজনের সমান।



ভাসমান বস্তু নিজ ওজনের সমান ওজনবিশিষ্ট তরল অপসারণ করে
চিত্র 3গ

3.5. আর্কিমিডিসের নীতি (Archimedes' principle)

কোন বস্তুকে তরলে আংশিক অথবা পূর্ণ নিমজ্জিত করিলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে-আয়তনের তরল স্থানচ্যুত করে তাহার ওজনের সমান। ইহাই আর্কিমিডিসের নীতি।

খ্রীঃ পূঃ 287 সালে গ্রীসে দার্শনিক পণ্ডিত আর্কিমিডিসের জন্ম হয়। তাঁহার উপরোক্ত বিখ্যাত নীতি আবিষ্কার সম্বন্ধে একটি গল্প প্রচলিত আছে: সাইরাকিউসের অত্যাচারী রাজা হিয়ারো একবার একটি স্বর্ণমুকুট তৈয়ারী করাইয়াছিলেন। কিন্তু তাঁহার সন্দেহ হয় যে মুকুটটি সম্পূর্ণ সোনার তৈয়ারী নয়। তখন তিনি দার্শনিক আর্কিমিডিসকে ডাকিয়া মুকুটটি না ভাঙ্গিয়া উহা নির্ণয় করিতে বলিলেন। আর্কিমিডিস মহা চিন্তায় পড়িলেন। বাহির করিতে না পারিলে অত্যাচারী রাজার হাতে তাঁহার মৃত্যু নিশ্চিত। দিন তাঁহার চিন্তায় কাটে। একদিন তিনি কানায় কানায় জলে ভরা একটি চৌবাচ্চায় স্নান করিতে নামিয়া সবিস্ময়ে লক্ষ্য করিলেন যে কিছু জল উপচাইয়া পড়িল এবং নিজেকে কিছু হাল্কা বোধ হইল।

তখনই তাঁহার মাথায় বিদ্যুতের মত খেলিয়া গেল যে, বস্তুকে জলে ডুবাইলে উহা কিছু জল অপসারিত করিবে এবং উহার ওজনের কিছু হ্রাস হইবে। সুতরাং মুকুটটিকেও জলে নিমজ্জিত করিলে উহা সমআয়তন জল অপসারিত করিবে এবং তাহা হইতে মুকুটের উপাদানের ঘনত্ব নির্ণয় করা যাইবে এবং উহার সহিত সোনার ঘনত্বের তুলনা করিলে বোঝা যাইবে মুকুটটি সোনা কিংবা খাদ দিয়া তৈয়ারী। শোনা যায়, তিনি তখনই ঐ অবস্থায় সাইরাকিউসের রাস্তা দিয়া ছুটিতে ছুটিতে বলিতেছিলেন, "ইউরেকা ! ইউরেকা !" (অর্থাৎ বাহির করিয়াছি ! বাহির করিয়াছি !)

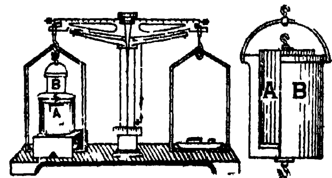


আর্কিমিডিস
(287-212 খ্রীঃ পূঃ)

✓ 3-6 আর্কিমিডিসের নীতির সত্যতা পরীক্ষা (Experimental verification of Archimedes' principle):

B একটি একমুখ খোলা ফাঁপা চোঙ্ এবং A একটি নিরেট চোঙ্। A চোঙ্টি B-র মধ্যে আঁটিয়া বসিতে পারে অর্থাৎ A চোঙের বাহিরের আয়তন B চোঙের ভিতরের আয়তনের সমান।

তুলাদণ্ডের বামপ্রান্তে B-কে ঝুলাও এবং B-এর তলায় আংটার সঙ্গে A-কে ঝুলাও। এই অবস্থায় ডান তুলাপাত্রে প্রয়োজনীয় বাটখারা রাখিয়া তুলাদণ্ড অনুভূমিক কর। এখন একটি পাত্রে রক্ষিত জলের ভিতর A-চোঙ্কে পরিপূর্ণ ডুবাও (3ঘ নং চিত্র)। দেখিও যেন জলপূর্ণ পাত্রটি তুলাপাত্রকে স্পর্শ না করে। A-চোঙ্কে জলে ডুবাইলে তুলাদণ্ডটি আর অনুভূমিক থাকিবে না। ডানদিকের পাল্লা নীচের দিকে নামিবে। ইহা প্রমাণ করে যে নিমজ্জিত অবস্থায় A-চোঙ্টির ওজনের হ্রাস হইল।



আর্কিমিডিসের নীতির সত্যতা পরীক্ষা
চিত্র 3ঘ

এখন ফাঁপা চোঙ্ B-তে আস্তে আস্তে জল ঢাল। দেখিবে ডানদিকের পাল্লা আস্তে আস্তে উঠিতেছে। যখন B চোঙটি জলপূর্ণ হইবে তখন তুলাদণ্ড আবার অনুভূমিক হইবে। B-র আভ্যন্তরিক আয়তন A-চোঙের আয়তনের সমান বলিয়া ইহা প্রমাণ করে যে A-চোঙটির যে ওজন-হ্রাস হইয়াছিল তাহা A চোঙের সম-আয়তন জলের ওজনের সমান।

3-7. আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ (Application of Archimedes' principle) ঃ

আর্কিমিডিসের নীতি প্রয়োগ করিয়া আমরা নিম্নলিখিত বিষয়গুলি নির্ণয় করিতে পারি ঃ

(ক) অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন।

(খ) পদার্থের ঘনত্ব।

(গ) পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব (specific gravity)।

(ক) অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন নির্ণয় ঃ

ধরা যাউক, বস্তুটির বায়ুতে ওজন $=W_1$. এখন বস্তুটিকে তুলাদণ্ডের বামপ্রান্ত হইতে সুতা দিয়া ঝুলাইয়া একটি পাত্রে রক্ষিত জলের ভিতর সম্পূর্ণ নিমজ্জিত কর। এই অবস্থায় বস্তুটির ওজন বাহির কর। ধর, এই ওজন W_2.

আর্কিমিডিসের নীতি হইতে আমরা জানি,

$W_1 - W_2 =$ বস্তুটির ওজনের আপাত হ্রাস,

$=$ বস্তুটির সম-আয়তন জলের ওজন।

যদি সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ওজনগুলি লওয়া হয় তবে সম-আয়তন জলের ওজন $=(W_1 - W_2)$ গ্র্যাম। জলের ঘনত্ব 1 গ্র্যাম প্রতি ঘ. সে. মি.। সুতরাং, $(W_1 - W_2)$ গ্র্যাম জলের আয়তন $=(W_1 - W_2)$ ঘ. সে. মি.। যেহেতু, বস্তুটি সম-আয়তন জল অপসারিত করে, সেই হেতু বস্তুটির আয়তন $=(W_1 - W_2)$ ঘ. সে. মি.।

যদি এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ওজনগুলি লওয়া হয়, তবে সম-আয়তন জলের ওজন $=(W_1 - W_2)$ পাউণ্ড।

জলের ঘনত্ব 62·5 পাউণ্ড প্রতি ঘ. ফুটে। সুতরাং $(W_1 - W_2)$ পাউণ্ড জলের আয়তন $= \frac{W_1 - W_2}{62 \cdot 5}$ ঘ. ফু.।

যেহেতু, বস্তুটি সমআয়তন জল অপসারিত করে সেহেতু বস্তুটির এফ্.পি.এস্ পদ্ধতিতে আয়তন $= \frac{W_1 - W_2}{62 \cdot 5}$ ঘ. ফু.।

(খ) **পদার্থের ঘনত্ব নির্ণয় :**

পদার্থের ঘনত্ব $= \frac{\text{ঐ পদার্থ-নির্মিত বস্তুর ভর}}{\text{বস্তুর আয়তন}}$

বস্তুর আয়তন পূর্বোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যাইবে। সুতরাং সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে উক্ত পদার্থের ঘনত্ব $= \frac{W_1}{W_1 - W_2}$ গ্র্যাম প্রতি ঘ. সে. মি.।

তেমনি এফ্. পি. এস্ পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্ব $= \frac{W_1}{\frac{W_1 - W_2}{62 \cdot 5}}$ পাউণ্ড প্রতি ঘ ফু

$= \frac{W_1 \times 62 \cdot 5}{W_1 - W_2}$ পাউণ্ড প্রতি ঘ.ফু

(গ) **পদার্থের আপেক্ষিক ঘনত্ব নির্ণয় :**

পরবর্তী পরিচ্ছেদে বলা হইয়াছে।

3-8. বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন (Floatation and immersion of a body) :

আমরা জানি যে কোন বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিলে বস্তু প্লবতা অনুভব করে। এই প্লবতা বস্তু কর্তৃক স্থানচ্যুত তরলের ওজনের সমান এবং ইহা প্লবতা-কেন্দ্র দিয়া উর্ধ্বমুখী ক্রিয়া করে। বস্তুর নিজস্ব ওজন বস্তুর ভারকেন্দ্র দিয়া নিম্নমুখী ক্রিয়া করে। সুতরাং বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিলে ইহার উপর এই দুইটি বল এক সঙ্গে ক্রিয়া করে। যদি বস্তুর নিজস্ব ওজন হয় W_1 এবং প্লবতা W_2, তবে বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন সম্পর্কে নিম্নলিখিত তিনটি অবস্থার উদ্ভব হইতে পারে :

(1) যদি $W_1 > W_2$ হয়, অর্থাৎ, বস্তুর ওজন প্লবতা অপেক্ষা বেশী এক্ষেত্রে বস্তুর ওজন বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের চাইতে বেশী

হওয়ায় বস্তুটি নীচের দিকে যাইবে অর্থাৎ, তরলে ডুবিয়া যাইবে। সাধারণত বস্তু যে পদার্থে তৈরী তাহার ঘনত্ব তরলের ঘনত্বের বেশী হইলে ঐ বস্তু ঐ তরলে ডুবিয়া যায়। যেমন এক খণ্ড লোহা বা পাথর জলে ফেলিয়া দিলে জলে ডুবিয়া যায়।

(2) যদি $W_1 = W_2$ হয়, অর্থাৎ, বস্তুর ওজন প্লবতার সমান হয় তবে ঐক্ষেত্রে বস্তুর ওজন বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের সমান হওয়ায় বস্তুটি তরলের ভিতর যে-কোন স্থানে স্থির হইয়া থাকিবে। সম-আয়তন জল ও অ্যাল্‌কোহল মিশ্রিত করিয়া তাহার ভিতর এক ফোঁটা অলিভ তেল ফেলিয়া দিলে ফোঁটাটি মিশ্রণের ভিতর যে-কোন স্থানে থাকিবে। এস্থলে মিশ্রণের ঘনত্ব অলিভ তেলের ঘনত্বের সমান বলিয়াই এরূপ হয়।

(3) যদি $W_1 < W_2$ হয়, অর্থাৎ বস্তুর ওজন প্লবতা অপেক্ষা কম হয় তবে ঐক্ষেত্রে বস্তুর ওজন বস্তু কর্তৃক অপসারিত তরলের ওজনের কম বলিয়া উহা ঊর্ধ্বমুখী বল অনুভব করিবে। তাহার ফলে বস্তুটি ভাসিয়া উঠিবে। তরলের ঘনত্ব বস্তু যে-পদার্থে নির্মিত তাহার ঘনত্বের বেশী হইলেই এইরূপ অবস্থার উদ্ভব হয়। যেমন, এক টুক্‌রা কাঠকে জলে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিয়া উঠে।

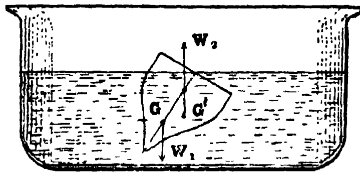
3-9. সাম্যাবস্থায় ভাসনের শর্ত (Conditions of equilibrium of floating bodies) :

আমরা দেখিলাম যে এক টুক্‌রা কাঠকে জলে ডুবাইয়া ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিয়া উঠিবার চেষ্টা করে, কারণ টুক্‌রাটির ওজন সমআয়তন জলের ওজনের চাইতে কম। টুক্‌রাটি যত জলের বাহিরে আসিতে থাকে তত অপসারিত জলের পরিমাণ কমিতে থাকে এবং ঊর্ধ্বঘাত কমিতে থাকে। টুক্‌রাটি যখন স্থির হইয়া ভাসিবে তখন ইহার কিয়দংশ জলে ডুবানো থাকিবে এবং বাকী অংশ জলের বাহিরে থাকিবে যাহাতে নিমজ্জিত অংশ যে-জল অপসারিত করিবে তাহার ওজন টুক্‌রাটির ওজনের সমান হইবে। অর্থাৎ, বস্তু স্থির হইয়া ভাসিতে গেলে নিম্নোক্ত দুইটি শর্ত পূরণ করিতে হইবে :

(1) বস্তুটির এমন অংশ তরলে নিমজ্জিত থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের সমান হয়।

(2) **বস্তুর ভারকেন্দ্র ও প্লবতা-কেন্দ্র একই লম্ব** (vertical) **রেখায় থাকিবে।**

দ্বিতীয় শর্তটি বুঝাইয়া বলা যাউক। ধর, একটি বস্তুর ভারকেন্দ্র G অর্থাৎ G বিন্দু দিয়া বস্তুর ওজন W_1 নিম্নাভিমুখী ক্রিয়া করিতেছে (3ঙ নং চিত্র) এবং G′ প্লবতা-কেন্দ্র অর্থাৎ G′ বিন্দু দিয়া অপসারিত জলের ওজন W_2 ঊর্ধ্বাভিমুখী ক্রিয়া করিতেছে। ভাসিবার প্রথম শর্তানুযায়ী $W_1 = W_2$, কিন্তু চিত্র হইতে স্পষ্টই বোঝা যায় যে বিপরীতমুখী সমান দুইটি বল একই লম্ব-রেখায় ক্রিয়া না করিলে বস্তুটি সাম্য অবস্থায় থাকিতে পারে না। অর্থাৎ, সাম্যাবস্থায় থাকিবার জন্য G এবং G′ একই লম্বরেখায় থাকা অপরিহার্য।



ভারকেন্দ্র ও প্লবতা-কেন্দ্র এক লম্বরেখায় না থাকিলে বস্তু স্থির হইয়া ভাসিবে না

চিত্র 3ঙ

3-10. ভাসনের কয়েকটি উদাহরণঃ

(1) **বরফ জলে ভাসে কেন?**

সাম্যাবস্থায় ভাসনের শর্ত আলোচনার সময় আমরা দেখিয়াছি যে ভাসিতে গেলে বস্তুর কিয়দংশ তরলে নিমজ্জিত থাকে এবং কিয়দংশ তরলের বাহিরে থাকে। কারণ, বস্তুর ওজন সম-আয়তন তরলের ওজনের চাইতে কম। অর্থাৎ ভাসমান বস্তুকে সম-আয়তন তরল অপেক্ষা হাল্কা হইতে হইবে। জল জমিয়া বরফে পরিণত হইলে সেই বরফ জলে ভাসিতে দেখা যায়। ইহার কারণ কি? ভাসনের শর্ত হইতে ইহাই দাঁড়ায় যে বরফের টুক্‌রা সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্‌কা। সত্যিই তাই। দেখা গিয়াছে 1 c. c. বরফের ওজন ·92 gm. অথচ 1 c. c. জলের ওজন প্রায় 1 gm। কাজেই বরফের কোন টুক্‌রা সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্‌কা। এই কারণে বরফ জলে ভাসে। কোন এক টুক্‌রা বরফকে জলে ছাড়িয়া দিলে ভাসমান অবস্থায় উহার আয়তনের $\frac{11}{12}$ ভাগ জলের ভিতরে এবং $\frac{1}{12}$ ভাগ জলের বাহিরে থাকিবে; কারণ পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে 0°C তাপমাত্রায় 11 cc. জল জমিয়া 0°C তাপমাত্রায় 12 c.c. বরফে পরিণত হয়।

(2) জাহাজ জলে ভাসে কেন ?

এক টুকরা লোহা জলে ডুবিয়া যায়, কিন্তু লোহার তৈয়ারী জাহাজ তাহার বিরাট আকৃতি লইয়া জলে ভাসে। ইহার কারণ কি ?

লোহার টুকরাকে যদি এমন আকার দেওয়া যায় যাহাতে টুকরাটি যে-পরিমাণ জল অপসারিত করিবে তাহার ওজন টুকরাটির ওজনের চাইতে বেশী—তাহা হইলেই টুকরাটি জলে ভাসিবে। আমরা জানি, লোহার কড়াই জলে ভাসে।

জাহাজ জলে ভাসিবার কারণ একই। জাহাজের তলদেশ কড়াইয়ের মত এমন বাঁকানো যে তলদেশ যথেষ্ট পরিমাণ জল অপসারিত করিতে পারে। ফলে জাহাজ জলে ভাসিতে পারে।

নদীর জলের ঘনত্ব সমুদ্রের লবণাক্ত জলের ঘনত্বের চাইতে কম। কাজেই নদীর জলের প্লবতা সমুদ্র জলের প্লবতা অপেক্ষা কম। সেইজন্য কোন জাহাজ সমুদ্র হইতে নদীতে প্রবেশ করিলে জাহাজের বেশী অংশ জলে নিমজ্জিত হয়।

জল হইতে ভারী কোন দ্রব্যকে জলে ভাসাইয়া রাখিবার আর একটি উপায় আছে—উপযুক্ত সাইজের হাল্কা দ্রব্য উহার সহিত যুক্ত করা। ইহাতে বেশী পরিমাণ জল অপসারিত হইবে এবং বেশী ঊর্ধ্বঘাত প্রযুক্ত হইবে কিন্তু বস্তুর ওজন খুব বেশী বাড়িবে না। **জীবন-রক্ষী** (life-belt) বা **বয়া** এই নীতিতে কাজ করে। হাল্কা বায়ুপূর্ণ থলি দিয়া জীবন রক্ষী নির্মাণ করা হয় এবং উহার সাহায্যে মানুষ অনায়াসে জলে ভাসিয়া থাকিতে পারে।

(3) মানুষ সাঁতার কাটে কি করিয়া ?

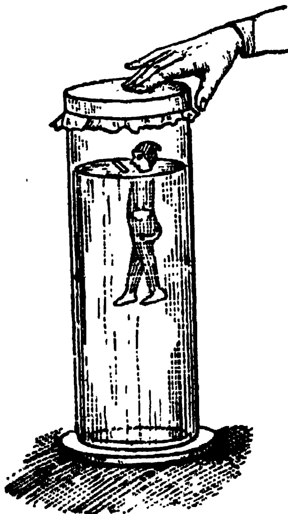
মানুষের দেহ সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্কা কিন্তু মাথা ওজনে ভারী ; কাজেই দেহ সহজে জলে ভাসে কিন্তু মাথা জলে ডুবিয়া যাইতে চায়। সেইজন্য হাত-পা নাড়িয়া জলে চাপ দিয়া মাথা জলের বাহিরে রাখিতে পারার নামই সাঁতার কাটা। সেইজন্য সাঁতার মানুষের স্বভাবজাত নয়—শিখিয়া লইতে হয়। কিন্তু জন্তু-জানোয়ারের পক্ষে সাঁতার স্বভাবজাত। ইহার কারণ জন্তুদের মাথা সম-আয়তন জলের চাইতে হাল্কা কিন্তু দেহ ওজনে ভারী।

(4) কার্টেসীয় ডাইভার (Cartesian diver) :

ইহা একটি উদস্থৈতিক পুতুল এবং ইহার দ্বারা তরলে চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত প্যাস্কালের সূত্র এবং ভাসন ও নিমজ্জনের শর্তগুলির সত্যতা পরীক্ষা করা যায়।

$\frac{3}{4}$ অংশ জলপূর্ণ একটি লম্বা কাচের চোঙের মুখ একটি রবার টুক্‌রা দ্বারা শক্ত করিয়া আট্‌কানো। চোঙের অভ্যন্তরস্থ জলের উপরের অংশ বায়ুপূর্ণ। জলের ভিতর একটি পুতুল রাখা আছে। ইহাকে ডাইভার বা ডুবুরী বলে। পুতুলটি ফাঁপা কিন্তু একটি ছোট ল্যাজের সাহায্যে ভিতরের সঙ্গে বাহিরের সংযোগ আছে। পুতুলটির ভিতরের খানিকটা অংশ জলভর্তি এবং বাকিটা বায়ুপূর্ণ। সাধারণ অবস্থায় পুতুলটির ওজন এমন যে আংশিক নিমজ্জিত অবস্থায় জলে ভাসে (3চ নং চিত্র)।

এখন রবার টুক্‌রাকে হাত দিয়া চাপিলে জলের উপরিস্থ বায়ু সংকুচিত হইবে এবং পাস্কালের সূত্রানুযায়ী জল এই চাপ পুতুলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুতে সঞ্চালিত করিবে। ফলে, পুতুলের অভ্যন্তরের বায়ুও সংকুচিত হইবে এবং খানিকটা জল পুতুলের ভিতরে প্রবেশ করিয়া পুতুলটিকে ভারী করিয়া দিবে। অর্থাৎ, এই অবস্থায় পুতুলটির ওজন সম-আয়তন জলের ওজনের চাইতে বেশী হওয়ায় পুতুলটি জলে ডুবিয়া যাইবে। রবারের উপরকার চাপ ছাড়িয়া দিলে সর্বত্র এই চাপ কমিয়া যাইবে। সুতরাং পুতুলের ভিতরের বায়ু পুনরায় আয়তনে বাড়িবে এবং অতিরিক্ত জল পুতুল হইতে বাহির করিয়া দিবে। এই অবস্থায় পুতুলটির ওজন অপসারিত জলের ওজনের চাইতে হাল্‌কা হওয়ায় পুতুলটি পুনরায় জলের উপর ভাসিয়া উঠিবে।


কার্টেসীয় ডাইভার
চিত্র 3চ

রবারের টুক্‌রার উপর চাপ নিয়ন্ত্রিত করিলে পুতুলের ভিতরে এমন পরিমাণ জল প্রবেশ করিবে যে পুতুলটির তখনকার ওজন সম-আয়তন জলের ওজনের সমান হইবে। এই অবস্থায় পুতুলটিকে জলের ভিতর যে-কোন স্থানে রাখা যাইবে।

কাজেই কার্টেসীয় ডাইভার নিম্নলিখিত বিষয়গুলি পরিষ্কারভাবে বুঝাইয়া দেয় :—

(1) তরলের চাপ সঞ্চালন সম্পর্কিত পাস্কালের সূত্র, (2) ভাসন ও নিমজ্জনের নীতি ও (3) গ্যাসের সংনম্যতা (compressibility)।

(5) **ডুবোজাহাজের** (Submarine) **কার্যপ্রণালী :**

ডুবোজাহাজ ইচ্ছামত জলের উপরে ভাসিতে পারে অথবা জলের নীচ দিয়া যাইতে পারে। ইহার কার্যপ্রণালী কার্টেসীয় ডাইভারের কার্যপ্রণালীর অনুরূপ।

ডুবোজাহাজে কতকগুলি প্রকোষ্ঠ থাকে—ইহাদের Ballast tanks বলা হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলিকে ইচ্ছামত জলপূর্ণ বা বায়ুপূর্ণ করা যায়। যখন ডুবোজাহাজ ডুবিয়া যাইতে ইচ্ছা করে তখন পাম্প দ্বারা এই প্রকোষ্ঠগুলি জলপূর্ণ করা হয়। ফলে জাহাজের ওজন উহার সম-আয়তন জলের ওজনের চাইতে বেশী হয় এবং জাহাজ জলে ডুব দেয়। আবার ভাসিয়া উঠিতে ইচ্ছা করিলে পাম্প দ্বারা প্রকোষ্ঠের জল বাহির করিয়া বায়ুপূর্ণ করা হয়। ফলে জাহাজটি হাল্‌কা হয় এবং জলের উপর ভাসিয়া উঠে।

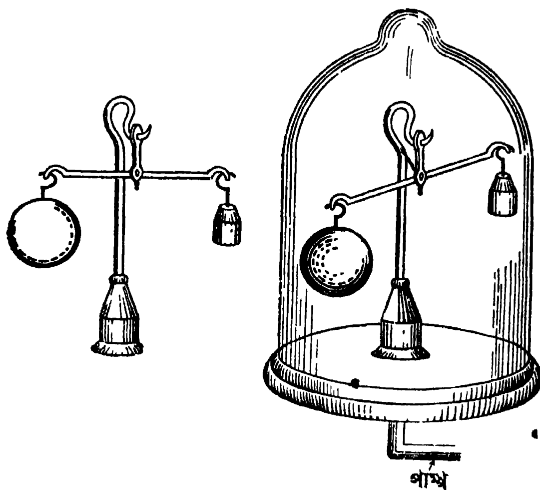
3-11. বায়ুর প্লবতা এবং বায়ুতে আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ (Buoyancy of air and application of Archimedes' principle to air) :

আর্কিমিডিসের নীতি আলোচনার সময় তোমরা জানিয়াছ যে কোন বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিলে বস্তু একটি ঊর্ধ্বঘাত অনুভব করে। এই ঊর্ধ্বঘাতকে 'প্লবতা' (buoyancy) বলে এবং ইহার জন্য নিমজ্জিত বস্তুর ওজন কম বলিয়া মনে হয়। তোমরা আরও জান যে এই ঊর্ধ্বঘাত বস্তু যতখানি তরল অপসারণ করে উহার ওজনের সমান। এই সম্পর্কে তরল ও গ্যাসের ব্যবহার অবিকল এক রকম। অর্থাৎ, তরলের ন্যায় গ্যাসও ঊর্ধ্বঘাত প্রয়োগ করিতে সক্ষম। বায়ু একপ্রকার গ্যাস হওয়ায় বায়ুতে নিমজ্জিত সকল বস্তুই এই ঊর্ধ্বঘাত অর্থাৎ প্লবতা অনুভব করিবে। সুতরাং একথা বলা যাইতে পারে যে জলে নিমজ্জিত করিয়া কোন বস্তুকে ওজন করিলে যেমন উহা বস্তুর প্রকৃত ওজন হয় না—প্রকৃত ওজন অপেক্ষা কিছু কম হয়, তেমনি বায়ুর মধ্যে কোন বস্তুকে ওজন করিলে উহাও বস্তুর প্রকৃত ওজন হইবে না ; প্রকৃত ওজন অপেক্ষা সামান্য কম হইবে। বায়ু খুব হাল্‌কা বলিয়া সাধারণ ক্ষেত্রে ওজনের এই তারতম্য বোঝা যায় না। কিন্তু উপযুক্ত পরীক্ষা-ব্যবস্থার দ্বারা ইহা প্রমাণ করা যায়। অতএব আমরা বলিতে পারি যে, তরলের ন্যায় গ্যাসের বেলাতেও আর্কিমিডিসের নীতি প্রযোজ্য। আর্কিমিডিসের নীতির সাধারণ সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে **কোন বস্তুকে তরলে অথবা বায়বীয় পদার্থে আংশিক বা পূর্ণ নিমজ্জিত করিলে**

বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে আয়তনের তরল বা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করে তাহার ওজনের সমান।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা বায়ুর প্লবতা প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা : 3চ নং চিত্রে একটি বিশেষ ধরনের তুলাযন্ত্র দেখানো হইয়াছে। ইহাকে ব্যারোস্কোপ (Baroscope) বলে। এই যন্ত্রে কোন তুলাপাত্র নাই— উহার বদলে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্ত হইতে দুইটি বস্তু ঝুলানো আছে। বাঁ পাশের বস্তুটি ফাঁপা কাচের গোলক এবং ডানদিকেরটি সীসা বা পিতলের ছোট



(i) ব্যারোস্কোপ (ii)

চিত্র 3ছ

বাটখারা। কাচের গোলকের আয়তন (volume) বেশী হওয়ায় উহা বাটখারা অপেক্ষা বেশী পরিমাণ বায়ু অপসারিত করিবে ; কাজেই উহার উপর বায়ুর ঊর্ধ্বঘাতও বেশী হইবে। অতএব প্লবতার দরুন ওজন-হ্রাস কাচের গোলকের বেশী হইবে। কিন্তু বাটখারা এবং কাচের গোলকটি এমন লওয়া হইল যে বায়ুর ভিতর উহাদের যে আপাত-ওজন (apparent weight) হয় তাহা সমান অর্থাৎ, বায়ুর-মধ্যে থাকাকালীন উহারা তুলাদণ্ডকে অনুভূমিক রাখিবে [চিত্র 3ছ (i) দেখ]। এইবার উহাদের বায়ু-নিষ্কাশক পাম্পের রেকাবীর উপর রাখিয়া একটি বড় কাচপাত্র দিয়া ঢাকিয়া দাও। রেকাবী ও কাচপাত্রের জোড়ের মুখ ভেসলীন বা মোম দিয়া নিশ্ছিদ্র-

ভাবে বন্ধ কর। পাম্পের সাহায্যে কাচপাত্রের ভিতর হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইলে দেখিবে যে তুলাদণ্ড আর অনুভূমিক নাই। দণ্ডের যে-প্রান্তে কাচের গোলক আছে সেই প্রান্ত ঝুঁকিয়া পড়িয়াছে [চিত্র 3ছ (ii) দেখ]। ইহার কারণ কি ? কারণ এই যে বায়ু না থাকাতে বায়ুর প্লবতা থাকিবে না ; কাজেই গোলক ও বাটখারা এখন উহাদের প্রকৃত ওজন ফিরিয়া পাইবে। কিন্তু প্লবতার দরুন গোলকের ওজন-হ্রাস বেশী ছিল বলিয়া উহার প্রকৃত ওজন বাটখারার ওজন অপেক্ষা বেশী হইবে (প্রকৃত-ওজন = আপাত-ওজন + প্লবতার দরুন হ্রাস-প্রাপ্ত ওজন)। তাই, বায়ু নিষ্কাশন করিয়া লইলে কাচের গোলক ভারী হইয়া নীচের দিকে ঝুঁকিয়া পড়ে। কাজেই বলা যাইতে পারে যে বায়ুশূন্য স্থানে কোন বস্তুর ওজন বায়ুমধ্যে ওজন অপেক্ষা বেশী।

(ক) এক পাউণ্ড তুলা এক পাউণ্ড লোহা অপেক্ষা ভারী : এই রকম একটা কথা বোধ হয় তোমরা শুনিয়া থাকিবে। কথাটা তোমাদের কাছে হয়ত গোলমেলে মনে হইতে পারে। উভয়েই যদি এক পাউণ্ড হয় তবে একটি অন্যটি অপেক্ষা ভারী হয় কিরূপে ? কিন্তু একটু ভাবিলেই এই উক্তির মর্ম উপলব্ধি করিতে পারিবে। এক পাউণ্ড তুলা বা এক পাউণ্ড লোহা বলিতে সাধারণত আমরা উহাদের বায়ুতে ওজন বুঝি। কিন্তু এই ওজন ত' উহাদের প্রকৃত ওজন নয়—উহা আপাত-ওজন। এক পাউণ্ড তুলার আয়তন এক পাউণ্ড লোহা অপেক্ষা অনেক বেশী। কাজেই তুলা বেশী বায়ু অপসারণ করিবে এবং বেশী ঊর্ধ্বঘাত অনুভব করিবে। এই কারণে উহার ওজন-হ্রাসও বেশী হইবে। কিন্তু বায়ুশূন্য স্থানে ওজন করিলে উহাদের প্রকৃত ওজন পাওয়া যাইবে এবং বায়ুর ঊর্ধ্বঘাত না থাকার দরুন তুলা বেশী ভারী হইবে।

(খ) বেলুন উড়ে কেন ?

আমরা দেখিলাম যে, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থ অনেক ক্ষেত্রে একই রকম ব্যবহার করে। তরলে নিমজ্জিত কোন বস্তু যেমন ঊর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করে যাহার ফলে তরল হইতে হাল্কা বস্তু ভাসিয়া উঠিতে চায়, তেমনি বায়ুতে নিমজ্জিত বস্তুও স্থানচ্যুত বায়ু কর্তৃক ঊর্ধ্বমুখী ঘাত অনুভব করে। সুতরাং বায়ু হইতে হাল্কা কোন বস্তু বায়ু মধ্যে রাখিলে উহা ভাসিয়া উপরে উঠিতে চেষ্টা করিবে। ইহাই হইল বেলুন উড়িবার নীতি। তোমরা অনেকেই ফানুস উড়ানো দেখিয়াছ। ফানুসে কাগজের আধারে কিছু বায়ু

আবদ্ধ রাখা হয় এবং উহার তলায় আগুন ধরাইবার ব্যবস্থা থাকে। বায়ু গরম হইয়া যেই হাল্‌কা হয় তখন ফানুস উপরে উঠে।

বেলুন নির্মিত হয় সিল্কের কাপড় দ্বারা। উহার ভিতর হাইড্রোজেন গ্যাস ভর্তি থাকে। হাইড্রোজেন বায়ু হইতে হাল্‌কা। সুতরাং বেলুন ফুলিয়া উঠিলে যে-আয়তনের বায়ু স্থানচ্যুত করে উহার ওজন বেলুনের ওজন অপেক্ষা বেশী হওয়ায় বেলুন অনায়াসে ভাসিয়া উপরে উঠে। খুব বড় সাইজের বেলুন লইলে উহা অনেক বায়ু অপসারণ করিবে এবং উহাতে ঊর্ধ্বঘাত এত বেশী হইবে যে মানুষ সহ বেলুন ঊর্ধ্বে উঠিতে পারিবে। এই রকমের ঊর্ধ্বে আরোহণের কাহিনী হয়ত তোমরা শুনিয়া থাকিবে। গ্লেশার এবং কক্সওয়েল নামক দুইজন আরোহী এই প্রকার বেলুনের সাহায্যে প্রায় 29,000 ফুট উচ্চে আরোহণ করিয়াছিলেন। একটি কথা মনে রাখিবে যে এই বেলুনের সাহায্যে যত খুশী উচ্চে আরোহণ করা যায় না। কারণ যত উচ্চে উঠা যায় বায়ুর ঘনত্ব ও চাপ তত কমিয়া যায়। ইহাতে বেলুনের উপর ঊর্ধ্বঘাত কমিয়া যায়। বেলুনের ওজনের উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট উচ্চতায় পৌছিলে বায়ুর ঊর্ধ্বঘাত বেলুনের ওজনের সমান হইয়া পড়ে। তখন বেলুন আর উপরে উঠে না।

হাইড্রোজেন গ্যাস ছাড়া বেলুনে হিলিয়াম গ্যাসও ভর্তি করা হয়। হাইড্রোজেনের অসুবিধা এই যে ইহা দাহ্য পদার্থ—কিন্তু হিলিয়াম দাহ্য পদার্থ নয়। কিন্তু হাইড্রোজেনের সুবিধা এই যে, ইহা হিলিয়াম অপেক্ষা হাল্‌কা।

(গ) **বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা** (Lifting power of a balloon) :

বেলুন ফুলিয়া উঠিলে উহা যতখানি বায়ু অপসারিত করে উহার ওজন বেলুনের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের ওজন অপেক্ষা বেশী হইলে বেলুন উপরে উঠে ইহা আমরা জানি। এই দুই ওজনের পার্থক্যকে বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা বলে। নিম্নলিখিত উপায়ে উত্তোলন ক্ষমতা নির্ণয় করা যায়।

মনে কর, বায়ুর ঘনত্ব $= d_1$

বেলুনের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের ঘনত্ব $= d_2$

বেলুনের বাহিরের আয়তন অর্থাৎ অপসারিত বায়ুর আয়তন $= V_1$

বেলুনের অভ্যন্তরের আয়তন অর্থাৎ অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের „ $= V_2$

কাজেই, অপসারিত বায়ুর ওজন $= V_1 d_1$

এবং বেলুনের গ্যাসের ওজন $= V_2 d_2$

অতএব, বেলুনের উত্তোলন ক্ষমতা $= V_1 d_1 - V_2 d_2$

সাধারণত V_1 এবং V_2 সমান। কাজেই উত্তোলন ক্ষমতা $= V_1(d_1 - d_2)$

এই ক্ষমতার খানিকটা বেলুনের ওজন এবং বেলুনের অভ্যন্তরস্থ আরোহী ও অন্যান্য সাজসরঞ্জামের ওজন কাটাইবার জন্য ব্যয়িত হয়।

(a) বেলুনে যদি হাইড্রোজেন থাকে, তবে আমরা জানি হাইড্রোজেনের ঘনত্ব $=$ $\cdot0693 \times$ বায়ুর ঘনত্ব। সেক্ষেত্রে, উত্তোলন ক্ষমতা $= V_1 d_1 \times (1 - \cdot0693)$

$$= V_1 d_1 \times \cdot9307$$

(b) বেলুনে যদি হিলিয়াম থাকে, তবে আমরা জানি হিলিয়ামের ঘনত্ব $=$ $\cdot1387 \times$ বায়ুর ঘনত্ব। সেক্ষেত্রে উত্তোলন ক্ষমতা $= V_1 d_1 (1 - \cdot1387)$.

$$= V_1 d_1 \times \cdot8613.$$

উদাহরণ ঃ

(1) কোন বস্তু কোন তরলে আংশিক নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিলে বস্তুর কতটা অংশ ঐ তরলে নিমজ্জিত থাকিবে ?

[If a body floats in a liquid, what will be the portion of its volume within the liquid ?]

উ। ধরা যাউক, D = বস্তুর ঘনত্ব

D_1 = তরলের ঘনত্ব

V = বস্তুর আয়তন

V_1 = তরলের ভিতর বস্তুর নিমজ্জিত অংশের আয়তন

কাজেই, বস্তুর ভর $= VD$

অপসারিত তরলের আয়তন $= V_1$

$\therefore$ „ „ ভর $= V_1 D_1$

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা জানি, $VD = V_1 D_1$

অথবা, $$\frac{V_1}{V} = \frac{D}{D_1}$$

অর্থাৎ, $$\frac{\text{নিমজ্জিত অংশের আয়তন}}{\text{সম্পূর্ণ আয়তন}} = \frac{\text{বস্তুর ঘনত্ব}}{\text{তরলের ঘনত্ব}}$$

সুতরাং বস্তু ও তরলের ঘনত্ব জানা থাকিলে বস্তুর আয়তনের কত অংশ নিমজ্জিত থাকিবে তাহা সহজেই বাহির করা যায়। আবার নিমজ্জিত অংশের আয়তন, সম্পূর্ণ আয়তন এবং তরলের ঘনত্ব জানা থাকিলে বস্তু যে পদার্থের তৈরী তাহার ঘনত্ব নির্ণয় করা যাইবে [চতুর্থ পরিচ্ছেদ দ্রষ্টব্য]।

(2) কোন বস্তুর বায়ুতে ওজন 50 gms., কিন্তু জলের ভিতর ওজন 40 gms। বস্তুটির উপাদানের ঘনত্ব কত ?

[A body weighs 50 gms in air and 40 gms in water. What is its density ?]

উ। বস্তুটির ওজনদ্বয়ের অন্তরফল = অপসারিত জলের ওজন

স্থতরাং, অপসারিত জলের ওজন $= 50 - 40 = 10$ gms.

যেহেতু, জলের ঘনত্ব 1 gm / c.c. কাজেই,

$$\text{অপসারিত জলের আয়তন} = \frac{\text{জলের ওজন}}{\text{জলের ঘনত্ব}} = \frac{10}{1} = 10 \text{ c.c.}$$

স্থতরাং, বস্তুটির আয়তন $= 10$ c.c.

$$\therefore \quad \text{বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব} = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর আয়তন}} = \frac{50}{10} = 5 \text{ gms/c.c.}$$

(3) একখণ্ড লোহার ওজন 275 gms ; পারদে লৌহখণ্ডটি নিজ আয়তনের $\frac{5}{9}$ অংশ নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিতে পারে। পারদের ঘনত্ব 13·59 gms/c.c. হইলে লৌহের ঘনত্ব বাহির কর।

[A piece of iron weighs 275 gms. It floats in mercury with $\frac{5}{9}$th of its volume immersed. If density of mercury be 13·59 gms/c.c., calculate the density of iron.]

উ। ধরা যাউক, লোহার খণ্ডটির আয়তন $= V$ c.c.

$$\text{স্থতরাং, নিমজ্জিত অংশের আয়তন} = \frac{5V}{9} \text{ c.c.}$$

$$\text{„ অপসারিত পারদের আয়তন} = \frac{5V}{9} \text{ c.c.}$$

$$\text{অথবা, „ „ ওজন} = \frac{5V}{9} \times 13{\cdot}59 \text{ gms}$$

যেহেতু, লৌহখণ্ডটি ভাসিতেছে,

$$\text{কাজেই } \frac{5V}{9} \times 13{\cdot}59 = 275$$

$$\text{অথবা, } V = \frac{275 \times 9}{5 \times 13{\cdot}59} = 36{\cdot}42 \text{ c.c.}$$

$$\text{স্থতরাং, লৌহের ঘনত্ব} = \frac{\text{ওজন}}{\text{আয়তন}} = \frac{275}{36{\cdot}42}$$

$$= 7{\cdot}55 \text{ gms / c.c.}$$

(4) দুইটি বস্তুকে তুলাদণ্ডের দুই প্রান্ত হইতে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে তুলাদণ্ডটি অনুভূমিক হয়। একটি বস্তুর ওজন 28 gms ও ঘনত্ব 5·6 gms/c.c., অপর বস্তুটির ওজন 36 gms হইলে উহার ঘনত্ব কত ?

[Two bodies balance each other when suspended from the arms of a balance in water. The mass of one is 28 gms and its density is 5·6 gms/c.c. It the mass of the other is 36 gms, what is its density ?]

উ। ধর, উহার ঘনত্ব $=d$ gms/c.c.

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় দুই বস্তুর আপাত ওজন সমান।

প্রথম বস্তুর আয়তন $=\frac{28}{5 \cdot 6}=5$ c.c.

প্রথম বস্তুর আপাত ওজন $=$ প্রকৃত ওজন $-$ সমআয়তন জলের ওজন

$=28-5$

$=23$ gms.

তেমনি, দ্বিতীয় বস্তুর আয়তন $=\frac{36}{d}$ c.c.

$\therefore$ ঐ বস্তুর আপাত ওজন $=36-\frac{36}{d}$

$$36-\frac{36}{d}=23$$

$$\text{or, } \frac{36}{d}=13$$

$$\text{or, } d=\frac{36}{13}=2 \cdot 77 \text{ gms/c.c.}$$

(5) 100 c.c আয়তনের এবং 0·85 gm/c.c. ঘনত্বের একটি বস্তু জলে ভাসিতেছে। জলের উপর 0·8 gm/c.c. ঘনত্বের একটি তরল পদার্থ ঢালা হইল যাহাতে বস্তুটি সম্পূর্ণ আবৃত হয়। বস্তুটির কত আয়তন এখন জলে ডুবিয়া আছে ?

[A body of density 0·85 gm./c.c. and of volume 100 c.c. floats in water. Oil of density 0·8 gm/c.c. is poured on water just enough to cover the body. What volume of the body would be now under water ?]

উ। বস্তুর ওজন $=$ আয়তন $\times$ ঘনত্ব $=100 \times \cdot 85=85$ gms.

ধর, বস্তুর V c.c. আয়তন জলে ডুবিয়া আছে। সুতরাং $(100 - V)$ c.c. আয়তন তরলে ডুবিয়া আছে। সুতরাং ভাসনের শর্ত হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$85 = V \times 1 + (100 - V) \times 0{\cdot}8$$
$$= V + 80 - 0{\cdot}8V$$
$$\text{or, } 0{\cdot}2V = 5 \qquad \therefore \quad V = 25 \text{ c.c.}$$

(6) 21 lbs ওজনের একটি লোহার টুকরার সহিত একগাছা সূতা আটকানো আছে। সূতাটি 20 lbs টান সহ্য করিতে পারে। সূতাটির দ্বারা লোহার টুকরাকে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে টুকরার আয়তনের কত অংশ জলে ডুবিলে সূতাটি ঠিক টান সহ্য করিতে পারিবে? লোহার ঘনত্ব $= 7{\cdot}2 \times 62{\cdot}5$ lbs/c. ft.

[A lump of iron weighing 21 lbs is tied with a piece of thread. The thread can bear a tension of 20 lbs. If the lump be put in water being suspended by the thread what volume of the lump would remain in water so that the thread may just bear the tension? Density of iron is $7{\cdot}2 \times 62{\cdot}5$ lbs/c. ft.]

উ। এস্থলে টুকরাটির আয়তনের এমন অংশ ডুবিয়া থাকিবে যাহাতে টুকরার আপাত ওজন 20 lbs হয়।

সুতরাং উহার প্রয়োজনীয় ওজন হ্রাস = 1 lb = অপসারিত জলের ওজন

$\therefore$ অপসারিত জলের আয়তন $= \dfrac{1}{62{\cdot}5}$ c. ft.

[জলের ঘনত্ব $= 62{\cdot}5$ lbs/c. ft.]

অর্থাৎ, বস্তুর নিমজ্জিত আয়তনের পরিমাণ $= \dfrac{1}{62{\cdot}5}$ c. ft.

এখন, বস্তুর পূর্ণ আয়তন $= \dfrac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব}} = \dfrac{21}{7{\cdot}2 \times 62{\cdot}5}$ c. ft.

বস্তুর নিমজ্জিত অংশের আয়তন $= \dfrac{1}{62{\cdot}5} \div \dfrac{21}{7{\cdot}2 \times 62{\cdot}5}$

$$= \frac{7{\cdot}2}{21} = 0{\cdot}343 \text{ (প্রায়)।}$$

(7) একটি ফাঁপা গোলকের ভিতরের এবং বাহিরের ব্যাস যথাক্রমে 8 এবং 10 cms ; গোলকটি 1·5 gms/c.c. ঘনত্ব-সম্পন্ন একটি তরলে ঠিক ডুবিয়া ভাসে। গোলকটির উপাদানের ঘনত্ব কত ?

[A hollow spherical ball whose internal and external radii are 8 and 10 cms. is found to float in a liquid of density 1·5 gms/c.c., just fully immersed. What is the density of the material of the ball ?]

উ। গোলকের ভিতরের এবং বাহিরের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 4 এবং 5 cms.

এখন, গোলকটির বাহিরের আয়তন $=\frac{4}{3}\pi(5)^3$ c.c.

এবং ভিতরের ফাঁপা অংশের আয়তন $=\frac{4}{3}\pi(4)^3$ c.c.

সুতরাং গোলকের উপাদানের আয়তন $=\frac{4}{3}\pi(5)^3-\frac{4}{3}\pi(4)^3$

$=\frac{4}{3}\pi\times 61$ c.c.

ধর, গোলকের উপাদানের ঘনত্ব $=\rho$.

কাজেই, গোলকের ভর = উপাদানের আয়তন × উপাদানের ঘনত্ব

$=\frac{4}{3}\pi\times 61\times\rho$ gms.

এখন, গোলকটি ঠিক ডুবিয়া ভাসে বলিয়া স্থানচ্যুত তরলের ভর

= গোলকের বাহিরের আয়তনের সমআয়তনের তরলের ভর

$=\frac{4}{3}\pi(5)^3\times 1{\cdot}5$ gm

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা জানি,

গোলকের ভর = স্থানচ্যুত তরলের ভর

অথবা, $\frac{4}{3}\pi\times 61\times\rho=\frac{4}{3}\pi\,(5)^3\times 1{\cdot}5$

$\therefore\quad \rho=\dfrac{125\times 1{\cdot}5}{61}=3{\cdot}07$ gms/c.c. (প্রায়)

সারাংশ

কোন বস্তু আংশিক বা পরিপূর্ণভাবে তরলে বা বায়বীয় পদার্থে নিমজ্জিত থাকিলে উহা উর্ধ্বাভিমুখী ঘাত অনুভব করিবে। এই ঘাত বস্তুটি যে-আয়তনের তরল বা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করিবে তাহার ওজনের সমান হইবে। এই উর্ধ্বাভিমুখী ঘাতকে প্লবতা বলে। স্থানচ্যুত তরলের বা বায়বীয় পদার্থের ভারকেন্দ্রকে প্লবতা-কেন্দ্র বলে।

আর্কিমিডিসের নীতি :

কোন বস্তুকে তরলে বা বায়বীয় পদার্থে আংশিক অথবা পরিপূর্ণভাবে নিমজ্জিত করিলে বস্তুর ওজনের আপাত-হ্রাস হয় এবং এই হ্রাস বস্তু যে-আয়তনের তরল অথবা বায়বীয় পদার্থ স্থানচ্যুত করে উহার ওজনের সমান।

আর্কিমিডিসের নীতির প্রয়োগ :

(i) অসম আকৃতিবিশিষ্ট বস্তুর আয়তন নির্ণয়।

(ii) পদার্থের গুরুত্ব নির্ণয়।

(iii) পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়।

বস্তুর ভাসন ও নিমজ্জন :

যদি বস্তুর ওজন W_1 ও প্লবতা W_2 হয় তবে,

(i) বস্তু তরলে ডুবিবে যদি $W_1 > W_2$

(ii) বস্তু তরলের ভিতরে যে-কোন স্থানে থাকিবে যদি $W_1 = W_2$

(iii) বস্তু ভাসিয়া উঠিবে যদি $W_1 < W_2$

সাম্যাবস্থায় ভাসনের শর্ত :

(i) বস্তুটির এমন অংশ তরলে নিমজ্জিত থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের সমান হয়।

(ii) বস্তুটির ভারকেন্দ্র ও প্লবতা-কেন্দ্র একই লম্ব রেখায় থাকিবে।

আর্কিমিডিসের নীতি গ্যাসের বেলাতেও প্রযোজ্য। ইহা ব্যারোস্কোপ যন্ত্রের সাহায্যে প্রমাণ করা যায়।

প্রশ্নাবলী

1. আর্কিমিডিসের নীতি কি ? এই নীতির পরীক্ষা বর্ণনা কর।

[What is Archimedes' principle ? Describe its experimental verification.] [cf. *H. S. Exam. 1960, '62*]

2. আপাত ওজন এবং প্রকৃত ওজন বলিতে কি বোঝ ? কোন্‌টি বেশী এবং কেন ?

[What do you mean by apparent weight and real weight ? Which one is greater and why ?]

3. আর্কিমিডিসের নীতি প্রয়োগ করিয়া কোন অসম আকৃতির বস্তুর আয়তন ও ঘনত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[How would you determine the volume and density of a body of irregular shape by applying Archimedes' principle ?] [*H. S. Exam., 1960*]

4. একটি বস্তুর আয়তন 36 c. c. ; বস্তুটি উহার আয়তনের ¾ অংশ জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসিতে পারে। বস্তুটির ওজন ও ঘনত্ব কত ?

[The volume of a body is 36 c. c, and it can float in water with ¾th of its volume immersed. What are the weight and density of the body ?
[Ans. 27 gms ; 0·75 gm/c. c.]

একখণ্ড কাঠের টুকরার দৈর্ঘ্য 5 cm, প্রস্থ 4 cm এবং উচ্চতা 3 cm. যদি টুকরাটি উচ্চতার 2·5 cm জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ভাসে তবে উহার ওজন এবং ঘনত্ব কত ?

[A piece of wood is 5 cm long, 4 cm broad and 3 cm high. If it floats in water with 2·5 cm of its height immersed, what will be the weight and density of the piece ?] [Ans. 50 gms ; 0·83 gm/c. c.]

একটি বস্তু নিজ আয়তনের $\frac{1}{4}$ অংশ জলের বাহিরে রাখিয়া ভাসিতে পারে। ঐ বস্তুকে 1·2 gms/c.c. ঘনত্বসম্পন্ন অন্য একটি তরলে ভাসাইলে উহার আয়তনের কত অংশ ঐ তরলের বাহিরে থাকিবে ?

[A substance can float in water with $\frac{1}{4}$th of its volume projecting. What portion of its volume will project if it floats in another liquid of density 1·2 gms/c. c. ?] [Ans. $\frac{3}{8}$]

7. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর পরিষ্কার করিয়া বুঝাইয়া দাও :—

(a) একটি ভারী পাথরকে জলের ভিতর সহজে সরানো যায় কেন ?

(b) নদীর জলে সাঁতার কাটার চাইতে সমুদ্র-জলে সাঁতার কাটা সহজ কেন ?

(c) সমুদ্র-জল হইতে নদী-জলে আসিলে জাহাজ বেশী ডোবে কেন ?

(d) লৌহখণ্ড জলে ডোবে কিন্তু লোহার তৈরী জাহাজ জলে ভাসে কেন ?

[Answer the following questions carefully :—

(a) Why is it easier to lift a heavy stone under water ?

(b) Why is it easier to swim in sea-water than in river-water ?

(c) Why does a ship sink lower into water when it sails from sea into river ?

(d) Why does a lump of iron sink while a ship made of iron floats in water ?]

8. ভাসন ও নিমজ্জনের শর্তগুলি বুঝাইয়া দাও। স্থির হইয়া ভাসিতে গেলে বস্তুটির কি করা প্রয়োজন ?

[Explain the conditions of floatation and immersion. What should a body do to float at rest in a liquid ?]

9. কার্টেসীয় ডাইভার বর্ণনা কর ও উহার কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। ইহার কার্যনীতির কোন্ আধুনিক প্রয়োগ তোমার জানা আছে ?

[Describe the 'Cartesian diver' and explain how it acts. Do you know of any modern appliance which is based on this principle ?]

10. একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 35 gms, কিন্তু জলে ওজন 28 gms ; বস্তুটির ঘনত্ব কত ?

[A body weighs 35 gms in air and 28 gms in water. What is its density ? [Ans. 5 gms/c. c.]

11. একটি আয়তাকার কাঠের ফলক দৈর্ঘ্যে 4 ft, প্রস্থে 4 ft. এবং উচ্চতায় 18 inches. উহার ওজন 600 lbs ; সমুদ্র-জলের ঘনত্ব 65 lbs/c. ft হইলে প্রমাণ কর যে ফলকটি সমুদ্র-জলে ভাসিবে। ন্যূনতম কত ওজন ফলকের উপর চাপাইলে উহা ঠিক ডুবিয়া যাইবে ?

[A rectangular wooden slab is 4 ft long, 4 ft broad and 18 inches high. It weighs 600 lbs. Density of sea-water being 65 lbs/c. ft. ; prove that the slab will float in sea-water. What is the minimum weight to be placed on the slab so that it just sinks ?] [Ans. 960 lbs.]

12. একটি তুলাদণ্ডের দুইপ্রান্ত হইতে দুইটি বস্তুকে ঝুলাইয়া জলে নিমজ্জিত করিলে তুলাদণ্ডটি অনুভূমিক থাকে। একটির ওজন 32 gms ও ঘনত্ব 8 gms/c.c. ; অপরটির ঘনত্ব 5 gms/c.c হইলে উহার ওজন কত ?

[The beam of a balance remains horizontal when two bodies suspended from the ends are kept immersed in water. The mass of one

of them is 82 gms and density is 8 gms/cc The density of the other being 5 gms/c. c., what is its mass ?] [Ans. 85 gms.]

(13.) 0·9 gm/c. c ঘনত্বযুক্ত একখণ্ড কাঠ এবং 2·7 gms/c.c. ঘনত্বযুক্ত ও 10 gms ওজনের এক টুকরা অ্যালুমিনিয়াম এক সঙ্গে বাঁধিয়া দেখা যায় যে উহারা জলে ঠিক ডুবিয়া ভাসিতে পারে। কাঠের টুকরার আয়তন নির্ণয় কর।

[A piece of wood (density = 0·9 gm/c.c) and a piece of aluminium (density = 2·7 gms/c. c.) weighing 10 gms, when tied together are found to float just immersed in water. Calculate the volume of the piece of wood.] [Ans. 68 c. c]

(14.) একটি ফাঁপা গোলকের ভিতরের ব্যাস 10 cm. এবং বাহিরের ব্যাস 12 cm ; 1·2 gms/c.c. ঘনত্ব-সম্পন্ন কোন তরলে গোলকটি ঠিক ডুবিয়া ভাসে। গোলকটির উপাদানের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A hollow sphere has an internal and external diameter of 10 cm. and 12 cm. respectively. It floats in a liquid of density 1·2 gms/c,c just fully immersed. Determine the density of the material of the sphere.]

[Ans. 2·84 gms/c. c.]

(15.) খাড়া দেওয়াল বিশিষ্ট একটি পন্টুনের ভূমি আয়তাকার (500 ft × 10 ft)। পন্টুনে এমন মাল বোঝাই করা আছে যে পন্টুনের ভূমি 5 ft গভীরে ডুবিয়া আছে এবং 4·54 ft. জলের বাহিরে আছে। তখন পন্টুনে ছিদ্র হওয়ায় জলে ঢুকিতে লাগিল। প্রতি মিনিটে 100 gallons জল ঢুকিলে কতক্ষণ পরে পন্টুনটি জলে ডুবিয়া যাইবে ?

[A pontoon with perpendicular sides has a rectangular base 500 ft by 10 ft. It is loaded so that the base is submerged to a depth of 5 ft and 4·54 ft. of the pontoon remains above the water. It commences to leak taking 100 gallons of water per minute. How long it will be before it sinks ?

1 c. ft $= \frac{28 \cdot 81}{4 \cdot 54}$ gallons] [Ans. $28\frac{1}{2}$ hrs (প্রায়)]

16. আর্কিমিডিসের নীতি কি গ্যাসের বেলায় প্রযোজ্য ? পরীক্ষা দ্বারা ব্যাখ্যা কর। 'এক পাউণ্ড তুলা এক পাউণ্ড সীসা অপেক্ষা বেশী ভারী'—এই উক্তির যথার্থতা বুঝাইয়া দাও।

[Is Archimedes' principle applicable to gases ? Explain with suitable experiment. 'A pound of cotton is heavier than a pound of lead—justify this statement.] [*H. S. (Comp) 1962*]

[Objective Type Questions]

17. নিম্নের শূন্যস্থানগুলি পূর্ণ কর :—

(i) কোন বস্তু কোন তরলে আংশিক অথবা পরিপূর্ণভাবে — থাকিলে উহা উর্ধ্বমুখী — অনুভব করে।

(ii) তরল প্রদত্ত উর্ধ্বমুখী — কে — বলে।

(iii) বস্তু কর্তৃক স্থানচ্যুত তরলের ভারকেন্দ্রকে — বলে।

(iv) কোন বস্তু তরলে ভাসিলে বস্তুটির এমন অংশ তরলে — থাকিবে যাহাতে অপসারিত তরলের ওজন বস্তুটির ওজনের — হয়।

(v) বস্তুর উপাদানের ঘনত্ব তরলের ঘনত্ব অপেক্ষা—হইলে ঐ বস্তু তরলে ডুবিয়া যাইবে।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

আপেক্ষিক গুরুত্ব ও উহার নির্ণয়

[Specific gravity and its determination]

4-1. আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity):

সম আয়তনের বিভিন্ন দ্রব্য বিভিন্ন রকমের ভারী। যেমন, এক ঘন সেন্টিমিটার সোনা এক ঘন সেন্টিমিটার তামার চাইতে ভারী। জলকে নির্দিষ্ট মান (standard) ধরিয়া সম-আয়তন জলের চাইতে কোন বস্তু কতটা ভারী তাহা দ্বারাই ঐ বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব বুঝানো হয়। যথা, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19·32—ইহার অর্থ এই যে, একখণ্ড সোনা সম-আয়তন জলের চাইতে 19·32 গুণ ভারী।

কাজেই 'S' যদি কোন পদার্থের (কঠিন বা তরল) আপেক্ষিক গুরুত্ব ধরিয়া লওয়া যায় তবে,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}}$$

[**দ্রষ্টব্য**: জলের ঘনত্ব তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তন করে। দেখা গিয়াছে যে 4° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী। আপেক্ষিক গুরুত্ব বিচারে সম-আয়তন জলের 4° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় যে ওজন তাহাই ধরা হয়। কিন্তু খুব সূক্ষ্ম মাপের প্রয়োজন না হইলে তাপমাত্রায় উল্লেখের বিশেষ প্রয়োজন থাকে না।]

আপেক্ষিক গুরুত্বের উপরোক্ত সংজ্ঞায় বস্তুটির যে-কোন আয়তন লইলেই চলে। ধরা যাউক, বস্তুটির একক (unit) আয়তন লওয়া হইল। অতএব,

$$S = \frac{\text{একক আয়তন বস্তুর ওজন}}{\text{একক আয়তন জলের ওজন}}$$

কিন্তু একক আয়তনের ওজনকে পদার্থের ঘনত্ব বলে। সুতরাং,

$$S = \frac{\text{পদার্থের ঘনত্ব}}{\text{জলের ঘনত্ব}}$$

পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব দুইটি ঘনত্বের ভাগফল হওয়ায়, **আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি সংখ্যামাত্র**। ইহার কোন একক (unit) নাই। কখন কখন ইহাকে আপেক্ষিক ঘনত্বও (relative density) বলা হয়।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে জলের ঘনত্ব 1 gm/c.c. কাজেই এই পদ্ধতিতে $S=\frac{\text{পদার্থের ঘনত্ব}}{1}$; অর্থাৎ, এই পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্বের ও আপেক্ষিক গুরুত্বের মান একই। কিন্তু এফ. পি. এস্, পদ্ধতিতে জলের ঘনত্ব 62·5 lbs/c. ft.,

$$\text{সুতরাং } S=\frac{\text{এফ. পি. এস্ পদ্ধতিতে পদার্থের ঘনত্ব}}{62·5}$$

অথবা, $S\times 62·5=$ পদার্থের ঘনত্ব (এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে)।

[**আপেক্ষিক গুরুত্বের তাপমাত্রা সংশোধন** (Temperature correction of specific gravity) :

পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে যে পদার্থের ত্রুটিহীন আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইলে 4°C তাপমাত্রায় সম-আয়তনের জল লইয়া পরীক্ষা করিতে হইবে। কিন্তু পরীক্ষা-কার্য চালাইবার সময় জলের তাপমাত্রা ভিন্ন থাকে। সুতরাং প্রশ্ন হইল ইহা হইতে কিরূপে নির্ভুলভাবে আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইবে? ইহার জন্য প্রয়োজনীয় সংশোধন করিতে হইবে। এই তাপমাত্রা সংশোধন নিম্নলিখিতরূপে করা যাইবে। মনে কর, পরীক্ষার সময় জলের তাপমাত্রা t°C.

এখন পদার্থের প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব 'S' হইলে, আমরা জানি,

$$S=\frac{\text{বস্তুর ওজন}}{4°\text{C তাপমাত্রায় সম-আয়তন জলের ওজন}}$$

এই সমীকরণকে নিম্নলিখিতভাবে ঘুরাইয়া লেখা যায়,

$$S=\frac{\text{বস্তুর ওজন}}{t°\text{C তাপমাত্রায় সম-আয়তন জলের ওজন}}\times\frac{t°\text{C তাপমাত্রায় ঐ জলের ওজন}}{4°\text{C ,, ,, ,, ,,}}$$

উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের প্রথম অংশ পরীক্ষাগারের তাপমাত্রায় পদার্থের নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং দ্বিতীয় অংশ t°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব। অতএব,

$$S=\text{নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্ব}\times t°\text{C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব।}$$

বিভিন্ন তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব কত হয় তাহার একটি তালিকা (table) আছে। কাজেই ঐ তালিকা হইতে পরীক্ষাকার্যের সময়কার তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব জানিয়া উহা দ্বারা নির্ণীত আপেক্ষিক গুরুত্বকে গুণ করিলে পদার্থের প্রকৃত আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইবে।]

4-2. আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের তফাৎ (Difference between sp. gravity and density) :

(1) আপেক্ষিক গুরুত্ব একটি সংখ্যামাত্র এবং ইহার কোন একক নাই, কিন্তু ঘনত্ব তাহা নয়। ঘনত্বের নির্দিষ্ট একক আছে।

(২) সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে ঘনত্বের মান ও আপেক্ষিক গুরুত্বের মান সমান। যেমন, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19 হইলে সোনার ঘনত্ব 19 gms/c.c.

(৩) এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ঘনত্বের মান এবং আপেক্ষিক গুরুত্বের মান সমান নয়। আপেক্ষিক গুরুত্বকে 62·5 দিয়া গুণ করিলে ঘনত্ব পাওয়া যায়। যেমন, সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19 কিন্তু এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে সোনার ঘনত্ব 19×62.5 lbs./c. ft.

4-3. আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Practical determination of specific gravity) :

কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিবার বিভিন্ন উপায় আছে।

(1) উদস্থৈতিক তুলা (Hydrostatic balance) দ্বারা ;

(2) ভাসন পদ্ধতি (Floatation method) দ্বারা ;

(3) হাইড্রোমিটার দ্বারা ;

(4) আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল (Sp. gr. bottle) দ্বারা ;

(5) হেয়ার যন্ত্র দ্বারা।

4-4 উদস্থৈতিক তুলাদ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

(1) **পদার্থ যখন জল অপেক্ষা ভারী এবং জলে দ্রবণীয় নয়,** যথা—লোহা, পাথর ইত্যাদি (Solid heavier than and insoluble in water):

সুবিধামত একখণ্ড বস্তু লও এবং তুলাদ্বারা উহার বায়ুতে ওজন বাহির কর। ধর, এই ওজন W_1 ; চিত্রে (4ক নং চিত্র) যেমন দেখানো হইয়াছে তেমনি জলে ডুবাইয়া বস্তুর ওজন বাহির কর। ধর, এই ওজন W_2.

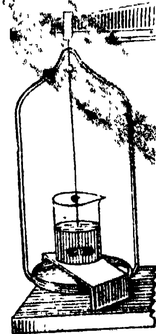
আর্কিমিডিসের নীতি অনুযায়ী,

$W_1 - W_2$ = অপসারিত সমআয়তন জলের ওজন।

সুতরাং, পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$S = \frac{\text{দ্রব্যের ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$$

$$= \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$



চিত্র 4ক

(2) **পদার্থ যখন জলে দ্রবণীয়** ; যথা—ফটকিরি, মিছরি, ইত্যাদি।

এস্থলে এমন একটি তরল পদার্থ লইতে হইবে যাহাতে পদার্থ দ্রবণীয় নয়। যেমন, ফটকিরির বেলাতে কেরোসিন তেল লইলে চলিবে।

সুবিধামত বস্তুর একটি খণ্ড লও এবং বায়ুতে উহার ওজন বাহির কর। ধর এই ওজন W . অতপর 4ক নং চিত্রের মত ব্যবস্থা করিয়া বস্তুকে তরলে নিমজ্জিত করিয়া ওজন বাহির কর। ধর, এই ওজন W_2.

সুতরাং, তরলের তুলনায় বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক ঘনত্ব (relative density)

$$S_2 = \frac{W_1}{W_1 - W_2}$$

যদি পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব S হয় এবং তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব S_1 হয় তবে,

$$S = S_2 \times S_1 = \frac{W_1}{W_1 - W_2} S_1$$

[কারণ $S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$

$= \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সমআয়তন তরলের ওজন}} \times \frac{\text{সমআয়তন তরলের ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$

= তরলের তুলনায় বস্তুর আপেক্ষিক ঘনত্ব × তরলের আঃ গুঃ

$= S_2 \times S_1$]

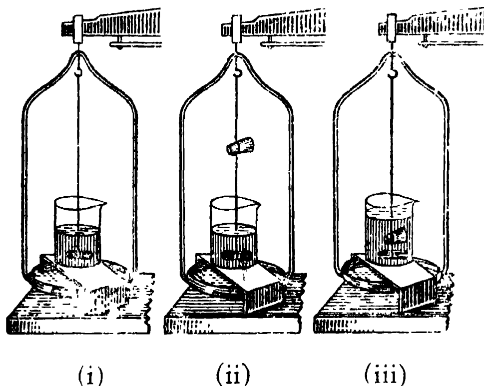
(3) **পদার্থ জলে দ্রবণীয় নয় কিন্তু জল অপেক্ষা হাল্কা** ; যথা—কর্ক, মোম ইত্যাদি।

সুবিধামত বস্তুর একটি টুক্‌রা লও।

জলের চাইতে হাল্কা হওয়াতে বস্তুকে জলে পূর্ণ নিমজ্জিত করিবার জন্য একটি ভারী বস্তুর সাহায্য লইতে হইবে। ইহাকে নিমজ্জক (sinker) বলে। এক খণ্ড লোহার টুক্‌রা হইলেই চলিবে।

প্রথমে লোহার টুকরাটিকে জলে নিমজ্জিত করিয়া ওজন লও [4খ (i) নং চিত্র]। ধর এই ওজন W_1.

তারপর এই নিমজ্জককে এবং বস্তুকে এমনভাবে তুলাদণ্ড হইতে ঝুলাও যে বস্তুটি বায়ুতে থাকে কিন্তু নিমজ্জকটি জলে ডুবিয়া থাকে [4খ (ii) চিত্র]। এই অবস্থায় উহাদের ওজন বাহির কর এবং ধরা যাউক, ইহা W_2.



(i) (ii) (iii)

চিত্র 4খ

পরে নিমজ্জক ও বস্তুটি একসঙ্গে সুতায় বাঁধিয়া জলে ড়ুবাইয়া ওজন বাহির কর [চিত্র 4খ (iii)]। ধর, এই ওজন W_3.

সুতরাং, লেখা যাইতে পারে

জলে নিমজ্জকের ওজন $= W_1$

নিমজ্জক জলে ও বস্তু বায়ুতে রাখিয়া ওজন $= W_2$

নিমজ্জক ও বস্তু উভয়কে জলে রাখিয়া ওজন $= W_3$

সুতরাং $W_2 - W_1 =$ বস্তুর বায়ুতে ওজন

এবং $W_2 - W_3 =$ বস্তুর বায়ুতে ওজন -- বস্তু জলে ডুবাইলে ওজন

$=$ বস্তুর সমআয়তনের জলের ওজন।

সুতরাং, বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব $S = \dfrac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3}$

(4) তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব ঃ

এক্ষেত্রে এমন একটি পদার্থ লইতে হইবে যাহা জলে এবং উক্ত তরলে দ্রবণীয় নয় এবং জল ও উক্ত তরল পদার্থ অপেক্ষা ভারী।

ধরা যাউক, বস্তুটির বায়ুতে ওজন $= W_1$

,, জলে নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন $= W_2$

,, তরলে ,, ,, ,, $= W_3$

সুতরাং অপসারিত জলের ওজন $= W_1 - W_2$

এবং „ তরলের „ $= W_1 - W_3$

যেহেতু একই বস্তু জলে ও তরলে ডুবানো হইল কাজেই অপসারিত জল ও, তরলের আয়তন সমান, কারণ প্রত্যেকেই বস্তুর আয়তনের সমান।

সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব $S = \dfrac{\text{তরলের ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$

$$= \frac{W_1 - W_3}{W_1 - W_2}$$

উদাহরণ :

(1) একটি ধাতব বস্তুর বায়ুতে ওজন 35 gms. এবং জলে পূর্ণ নিমজ্জিত অবস্থায় ওজন 30 gms. ঐ ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A metallic substance weighs 35 gms. in air and 30 gms. in water. What is the specific gravity of the metal ?]

উ। অপসারিত সমআয়তন জলের ওজন $= 35 - 30 = 5$ gms.

সুতরা, ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \dfrac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$

$$= \frac{35}{5} = 7$$

(2) একখণ্ড কর্কের বায়ুতে ওজন 2 gms. একটি নিমজ্জকের জলে ওজন 50 gms. যখন নিমজ্জক ও কর্কটি একসঙ্গে জলে ডুবাইয়া ওজন করা হইল তখন দেখা গেল উহা 44 gms. কর্কের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A piece of cork weighs 2 gms. in air and a piece of sinker weighs 50 gms. in water. When the substance and the sinker are weighed together in water, it was 44 gms. Find the sp. gravity of cork.]

উ। নিমজ্জকের জলে ওজন (W_1) $= 50$ gms.

নিমজ্জক জলে + কর্ক বায়ুতে এই অবস্থায় ওজন $(W_2) = 2 + 50$

$= 52$ gms.

„ „ + কর্ক জলে „ „ „ $(W_3) = 44$ gms.

সুতরাং কর্কের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \dfrac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3}$

$$= \frac{52 - 50}{52 - 44} = \frac{2}{৮} = \cdot 25$$

(3) একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 36 gms. কিন্তু কোন তরলে ডুবাইলে ওজন হয় 31·96 gms. তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·26 হইলে বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A body weighs 36 gms. in air but weighs 31·96 gms. in a liquid. If the sp. gravity of the liquid be 1·26, what is the sp. gravity of the substance ?]

উ। বস্তুর বায়ুতে ওজন $(W_1)=36$ gms.

,, তরলে ,, $(W_2)=31{\cdot}96$ gms.

সুতরাং, তরলের তুলনায় বস্তুটির উপাদনের আপেক্ষিক ঘনত্ব $S_2=\dfrac{W_1}{W_1-W_2}$

$$=\frac{36}{36-31{\cdot}96}$$

$$=\frac{36}{4{\cdot}04}=\frac{9}{1{\cdot}01}$$

সুতরাং, পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব $=S_2\times$ তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$=\frac{9}{1{\cdot}01}\times 1{\cdot}26=11{\cdot}2$$

(4) একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 7·55 gms. জলে ওজন 5·15 gms. ও কোন তরলে ওজন 6·35 gms. তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A body weighs 7·55 gms in air, 5·15 gms in water and 6·35 gms in a liquid. Calculate the sp. gravity of the liquid.]

উ। অপসারিত জলের ওজন $=7{\cdot}55-5{\cdot}15$
$=2{\cdot}4$ gms.

অপসারিত তরলের ওজন $=7{\cdot}55-6{\cdot}35$
$=1{\cdot}2$ gms.

সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব $=\dfrac{\text{তরলের ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}=\dfrac{1{\cdot}2}{2{\cdot}4}={\cdot}5$

(5) একটি সীসার বল ফাঁপা সন্দেহ হয়। বায়ুতে উহার ওজন 228 gms, এবং জলে ওজন 207 gms. সীসার আপেক্ষিক গুরুত্ব 11·4 হইলে বলটির ফাঁপা অংশের আয়তন কত ?

[A lead sphere appears to be hollow. It weighs 228 gms in air and 207 gms in water. If the sp. gravity of lead be 11·4, find the volume of the hollow portion of the sphere.]

উ। বলটির সীসা অংশের আয়তন $= \frac{\text{উহার ওজন}}{\text{উহার আঃ গুঃ}} = \frac{228}{11.4} = 20$ c.c.

জলে বলটির ওজনের আপাত-হ্রাস $= 228 - 207 = 21$ gms.

সুতরাং, অপসারিত জলের আয়তন $= 21$ c. c.

অর্থাৎ, বলটির বাহিরের আয়তন $= 21$ c.c.

সুতরাং বলটির ফাঁপা অংশের আয়তন $= (21 - 20) = 1$ c.c.

4-5. ভাসন-পদ্ধতির দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp. gravity by floatation method) ঃ

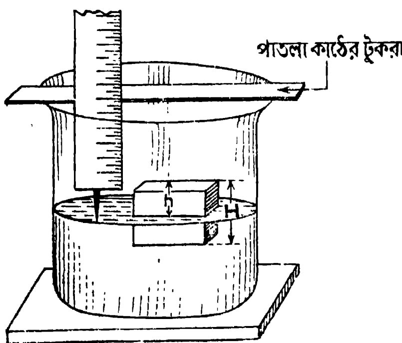
এই পদ্ধতির দ্বারা নির্দিষ্ট আকারের, যথা, ঘনক (cube), চোঙ (cylinder) বা আয়তাকার ব্লক (parallelepiped) ইত্যাদি পদার্থ যাহা জল অপেক্ষা হাল্কা এবং জলে অদ্রাব্য তাহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতির সুবিধা এই যে ইহাতে তুলাযন্ত্রের প্রয়োজন নাই।

মনে কর, কাঠের একটি আয়তাকার ব্লক লওয়া হইল যাহার ক্ষেত্রফল A sq. cm এবং উচ্চতা H cm ; সুতরাং ব্লকটির আয়তন $= A \times H$ c.c.

ব্লকটিকে জলে ছাড়িয়া দিলে উহা ভাসিবে। ধরা যাউক উহার উচ্চতার যে অংশ জলে নিমজ্জিত তাহা x cm.

সুতরাং নিমজ্জিত অংশের আয়তন $= A \times x$. c.c.

= অপসারিত জলের আয়তন



ভাসন পদ্ধতি দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়

চিত্র 4গ

কাজেই, অপসারিত জলের ওজন $= A \times x$ gms

= ব্লকটির ওজন

[ভাসনের শর্ত হইতে]

[জলের ঘনত্ব $= 1$ gm/c.c.]

$\therefore$ কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$= \frac{\text{ব্লকের ওজন}}{\text{সমআয়তন জলের ওজন}}$$

$$= \frac{A \times x}{A \times H} = \frac{x}{H}$$

পরীক্ষা ঃ একটি বড় মুখওয়ালা কাচপাত্রের অর্ধেক জলভর্তি কর এবং উহাতে কাঠের ব্লকটি ভাসাও। পাত্রের মুখে আড়াআড়ি

করিয়া একখানি পাতলা ও সরু কাঠের টুকরা রাখ (চিত্র 4গ)। এইবার একটি মিলিমিটার স্কেলের একপ্রান্তে একটি আলপিন আঁঠা বা মোম দিয়া জুড়িয়া দাও এবং স্কেলটিকে টুকরার গা ঘেঁসিয়া এমনভাবে ধর যাহাতে পিনের অগ্রভাগ ঠিক জলতল স্পর্শ করে। এই অবস্থায় কাঠের টুকরা পর্যন্ত স্কেল পাঠ কর। এইবার স্কেলটিকে এমনভাবে ধর যাহাতে পিনের অগ্রভাগ কাঠের ব্লকটির উপরতল স্পর্শ করে এবং এই অবস্থায় পুনরায় টুকরা পর্যন্ত স্কেল পাঠ কর। এই দুই পাঠের বিয়োগফল ধর, 'h'-এর সমান। এখন ব্লকটিকে জল হইতে তুলিয়া আনিয়া স্কেলের সাহায্যে উহার উচ্চতা 'H' নির্ণয় কর। সুতরাং $x = H - h$.

কাজেই, কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \dfrac{x}{H} = \dfrac{H-h}{H}$

উদাহরণ ঃ একটি সর্বত্র সমান প্রস্থচ্ছেদযুক্ত কাঠের চোঙ 15 cm. লম্বা। উহাকে জলে ভাসাইলে উহার উচ্চতার 3 cm. জলের বাহিরে থাকে। কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A wooden cylinder of uniform cross-section is 15 cm. long. It floats in water witn 3 cm. of its length projecting. What is the sp. gravity of wood ?]

উ। এস্থলে $h = 3$ cm. ; এবং $H = 15$ cm.

সুতরাং কাঠের আ: গু: $= \dfrac{H-h}{H} = \dfrac{15-3}{15} = \dfrac{12}{15} = 0{\cdot}8.$

4-6. হাইড্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp. gravity by Nicholson's hydrometer) :

হাইড্রোমিটার দুই প্রকারের। (1) নিকল্‌সন হাইড্রোমিটার ও (2) সাধারণ হাইড্রোমিটার।

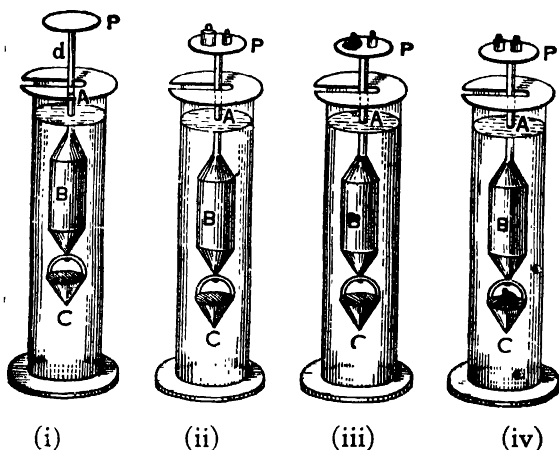
নিকল্‌সন হাইড্রোমিটারের বিবরণ ঃ

B একটি পাতলা ধাতুনির্মিত চোঙ্। চোঙ্‌টির দুইপ্রান্ত শঙ্কু আকৃতি (conical) [পর পৃষ্ঠায় 4ঘ (i) নং চিত্র]। উপরের শঙ্কুর সহিত একটি ছোট দণ্ড d লাগানো আছে এবং দণ্ডের প্রান্তে P একটি পাত্র যাহার উপর বাট্‌খারা, কোন কঠিন বস্তু ইত্যাদি রাখা যায়। তলার শঙ্কুর সহিত একটা ছোট বাল্‌তি (bucket) C আট্‌কানো। এই বালতিটি পারদ অথবা সীসার দ্বারা ভর্তি করা থাকে। ইহার ফলে সমগ্র যন্ত্রটির ওজন এমন হয় যে কোন তরলে আংশিক

নিমজ্জিত অবস্থায় খাড়াভাবে ভাসিতে পারে। *d*-দণ্ডের উপর A একটি দাগ কাটা থাকে। যন্ত্রটি ব্যবহার করিবার সময় সর্বদা ইহাকে A দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে হইবে।

(1) জল হইতে ভারী ও জলে দ্রবণীয় নয় এরূপ কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব ঃ

একটি লম্বা কাচের পাত্র জলপূর্ণ করিয়া উহার মধ্যে হাইড্রোমিটার ডুবাও। স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোমিটার জলে ভাসিবে এবং A দাগ জলের বেশ উপরেই থাকিবে [4ঘ (i) চিত্র]। প্রয়োজনমত বাট্‌খারা P পাত্রে রাখ যাহাতে হাইড্রোমিটার A-দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [চিত্র 4ঘ (ii)]। ধর, এই ওজন W_1 ; বাট্‌খারাগুলি সরাইয়া লও।



নিকল্‌সন হাইড্রোমিটার দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়

চিত্র 4ঘ

সুবিধামত পদার্থের একটি খণ্ড লও এবং P পাত্রে রাখ। এখন আবার প্রয়োজনমত বাট্‌খারা P পাত্রে দাও যাহাতে হাইড্রোমিটার পুনরায় A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [4ঘ (iii) নং চিত্র]। ধর, এই ওজন W_2 ; বস্তু এবং বাট্‌খারা আবার সরাইয়া লও।

এইবার বস্তুখণ্ডটি C বাল্‌তির উপর রাখ অর্থাৎ, বস্তুকে জলে ডুবাইয়া রাখা হইল। এই অবস্থায় P পাত্রে আবার প্রয়োজনীয় বাট্‌খারা চাপাও যাহাতে

হাইড্রোমিটার পুনরায় A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায় [4ঘ (iv) নং চিত্র]। ধর, এই ওজন W_3.

স্থতরাং, বায়ুতে বস্তুটির ওজন $= W_1 - W_2$

জলে নিমজ্জিত অবস্থায় বস্তুর ওজন $= W_1 - W_3$

অতএব, সমআয়তন জলের ওজন $= (W_1 - W_2) - (W_1 - W_3)$

$= W_3 - W_2$

∴ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{W_1 - W_2}{W_3 - W_2}$

[**দ্রষ্টব্য** : যদি কঠিন পদার্থটি জল অপেক্ষা হাল্‌কা হয় তবে উপরোক্ত পদ্ধতিতেই উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব বাহির করা যাইবে। তবে, বস্তুটিকে যখন C-পাত্রে রাখা হইবে তখন স্থতা দিয়া বাঁধিয়া দিতে হইবে নতুবা বস্তুটি ভাসিয়া উঠিবে।]

(2) **তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব** :

প্রথমে একটি তুলার সাহায্যে হাইড্রোমিটারের ওজন নির্ণয় কর। ধর, এই ওজন W ; অতঃপর হাইড্রোমিটারকে জলে ভাসাইয়া P পাত্রে প্রয়োজনীয় বাট্‌খারা দাও যাহাতে হাইড্রোমিটার জলে A দাগ পর্যন্ত ডুবিয়া যায়। ধর, এই ওজন W_1.

এবার বাট্‌খারাগুলি সরাইয়া যে-তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে তাহাতে হাইড্রোমিটার ভাসাও। প্রয়োজনীয় বাট্‌খারা P পাত্রে রাখ যেন হাইড্রোমিটার ঐ তরলে A দাগ পর্যন্ত ডোবে। মনে কর, এই ওজন W_2.

ভাসনের শর্ত হইতে আমরা জানি,

$W + W_1 =$ অপসারিত জলের ওজন

এবং $W + W_2 =$ অপসারিত তরলের ওজন

ইহাদের আয়তন সমান। কারণ উভয়ক্ষেত্রেই হাইড্রোমিটারকে A দাগ পর্যন্ত ডুবানো হইয়াছে। স্থতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{W + W_2}{W + W_1}$

দ্বিতীয় পদ্ধতি (তুলা ব্যতিরেকে) :

এমন একটি কঠিন পদার্থ লও যাহা জলে বা পরীক্ষাধীন তরলে দ্রবণীয় নয় এবং জল বা উক্ত তরল অপেক্ষা ভারী। এইবার বস্তুখণ্ডটি P পাত্রে রাখিয়া

হাইড্রোমিটারকে জলে ভাসাও এবং P পাত্রে প্রয়োজনমত বাট্খারা রাখ যাহাতে যন্ত্রটি A দাগ পর্যন্ত জলে ডুবিয়া যায়। ধর, বাট্খারার ওজন W_1 ; এখন, বস্তুটিকে C বালতিতে রাখ এবং P পাত্রে পুনরায় প্রয়োজনীয় বাট্খারা দাও যাহাতে যন্ত্রটি A দাগ পর্যন্ত জলে ডোবে। এই বাট্খারার ওজন যদি W_2 হয়, তবে $W_2 - W_1$ = বস্তুটির ওজন হ্রাস

= বস্তুটির সমআয়তন জলের ওজন।

উপরোক্ত প্রক্রিয়া পরীক্ষাধীন তরলে সম্পাদিত করিলে যদি বাট্খারার ওজন যথাক্রমে W_3 এবং W_4 হয়, তবে $W_4 - W_3$ = তরলে বস্তুটির ওজন হ্রাস = বস্তুটির সমআয়তন তরলের ওজন।

∴ তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \dfrac{W_4 - W_3}{W_2 - W_1}$

উদাহরণ ঃ

(1) একটি হাইড্রোমিটারকে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত জলে ডুবাইতে 60 gms. লাগে। একখণ্ড তামা হাইড্রোমিটারের উপরের পাত্রে রাখিলে 42 gms. লাগে এবং তামার খণ্ডটি নীচের পাত্রে রাখিলে 44 gms. লাগে। তামার আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A hydrometer requires 60 gms. to sink up to a mark in water. If a piece of copper is placed on the upper pan, it requires 42 gms, and when the piece is placed in the lower pan, it requires 44 gms. Find the sp. gravity of copper.]

উ। এস্থলে তাম্রখণ্ডটির বায়ুতে ওজন = 60 − 42
= 18 gms.
এবং জলে ওজন = 60 − 44
= 16 gms

সুতরাং, সমআয়তন জলের ওজন = 18 − 16 = 2 gms

∴ তামার আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{18}{2} = 9$

(2) একটি হাইড্রোমিটারকে জলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 60·3 gms ওজন লাগে কিন্তু অ্যাল্কোহলের মধ্যে ঐ নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে লাগে 6·8 gms। যদি হাইড্রোমিটারটির ওজন 200 gms হয় তবে অ্যাল্কোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A hydrometer requires 60·3 gms to sink upto a mark in water and 6·8 gms to sink upto the mark in alcohol. If

the hydrometer weighs 200 gms., calculate the sp. gravity of alcohol.]

উ। এস্থলে হাইড্রোমিটার কর্তৃক অপসারিত জলের ওজন $= 200 + 60{\cdot}3$
$= 260{\cdot}3$ gms.

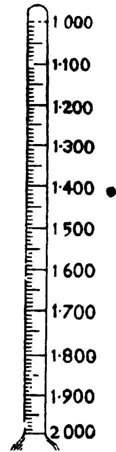
এবং অপসারিত অ্যাল্‌কোহলের ওজন $= 200 + 6{\cdot}8$
$= 206{\cdot}8$ gms.

ইহাদের আয়তন এক হওয়ায়, অ্যাল্‌কোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব

$$= \frac{206{\cdot}8}{260{\cdot}3} = 0{\cdot}794$$

4-7. সাধারণ হাইড্রোমিটার (Common hydrometer) :

এই হাইড্রোমিটার দ্বারা কোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব সরাসরি মাপা যায়। 4ঙ নং চিত্রে এই ধরনের একটি হাইড্রোমিটার দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি কাচের ফাঁপা চোঙ। ইহার এক প্রান্তে পারদপূর্ণ একটি কাচের কুণ্ড (bulb) ও অপর প্রান্তে একটি সর্বত্র সমব্যাসযুক্ত কাচের দণ্ড আছে। যন্ত্রটির ওজন এমন করা হয় যে ইহা তরলে খাড়াভাবে ভাসিতে পারে। উপরের দণ্ডের গায়ে একটি স্কেল অংকিত থাকে এবং এই স্কেল হইতে সরাসরি তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব পাওয়া যায়। যে-তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে উহার ভিতর ছাড়িয়া দিলে যন্ত্রটি যে-দাগ পর্যন্ত ডুবিবে তাহাই তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব। চিত্রে যে-যন্ত্র দেখানো হইয়াছে উহার ওজন এমন করা হইয়াছে যে জলে ডুবাইলে সরু নলটির মাথা পর্যন্ত ডুবিয়া যাইবে। জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·0 বলিয়া ঐ স্থানে 1·0 দাগ কাটা আছে। অন্য কোন ভারী তরলে ডুবাইলে নলটির কিছু অংশ তরলের বাহিরে থাকিবে ও তরল যে-দাগ স্পর্শ করিবে তাহাই হইবে ঐ তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব। চিত্রে প্রদর্শিত যন্ত্র সর্বাপেক্ষা ঘন যে তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিতে পারিবে তাহা 2·0-এর সমান। কারণ ঐ, তরলে ডুবাইলে নলটির শেষ দাগ পর্যন্ত ডুবিবে। আবার, জল অপেক্ষা লঘু



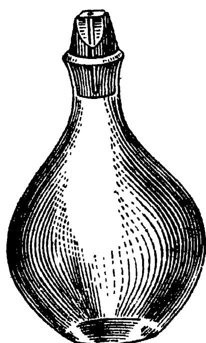
সাধারণ হাইড্রোমিটার
চিত্র 4ঙ

তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব ঐ যন্ত্র দিয়া মাপা যাইবে না—যন্ত্রের ওজন আলাদা করিতে হইবে। এইজন্য একটি নির্দিষ্ট সাধারণ হাইড্রোমিটার দ্বারা লঘু ও ভারী সবরকম তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

দুধে জল মিশানো থাকিলে তাহা এই যন্ত্রে সহজেই বোঝা যায়। কারণ, জলমিশানো দুধের আপেক্ষিক গুরুত্ব খাঁটি দুধের চাইতে কম। সুতরাং জল-মিশানো দুধে যন্ত্রটি বেশী ডুবিয়া যাইবে। খাঁটি দুধের আপেক্ষিক গুরুত্ব (1·03) জানা থাকিলে দুধে জল মিশানো আছে কি-না তাহা সহজেই ধরা পড়িবে। এই উদ্দেশ্যে বাজারে Lactometer নামে যে-যন্ত্র বিক্রয় হয় তাহা এই সাধারণ হাইড্রোমিটার। ইহা ছাড়া, অ্যাল্‌কোহল, অ্যাসিড প্রভৃতি তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপিবার জন্যও এই যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।

4-8. আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দ্বারা আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় (Determination of sp. gravity by sp. gravity bottle) :

বোতলের বিবরণ : 4চ নং চিত্রে একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দেখানো হইল। ইহা একটি ছোট কাচের বোতল এবং ইহার মুখ ঘসা কাচের ছিপি দ্বারা শক্তভাবে আট্‌কানো যায়। ছিপির ভিতর দিয়া একটি সরু লম্বালম্বি ছিদ্র আছে। বোতলটি কোন তরলে ভর্তি করিয়া পরে ছিপি আঁটিয়া দিলে অতিরিক্ত তরল এই ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া আসিবে। এই বোতলদ্বারা গুঁড়া পদার্থ বা ছোট ছোট কণা সম্বলিত কঠিন পদার্থ, যেমন—বালি চিনি প্রভৃতি ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব মাপা সুবিধাজনক।



আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল
চিত্র 4চ

(1) জলে দ্রবণীয় নয় এমন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

খালি বোতলটি পরিষ্কার করিয়া ধুইয়া শুকাইয়া লও এবং ওজন নির্ণয় কর। এখন যে-পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইবে তাহার খানিকটা বোতলে ভরিয়া ওজন কর। পরে বোতলটির বাকী অংশ জলভর্তি করিয়া ওজন কর।

এইবার বোতলের ভিতরকার জল, গুঁড়া প্রভৃতি ফেলিয়া দিয়া পুনরায় বোতলটি পরিষ্কার ও শুষ্ক কর। বোতলটি পরিপূর্ণ জলে ভর্তি করিয়া ওজন কর। ধরা যাউক,

খালি বোতলের ওজন $= W_1$

(বোতল + বস্তু)-র ওজন $= W_2$

সুতরাং, বস্তুর ওজন $= W_2 - W_1$

(বোতল + বস্তু + জল)-এর ওজন $= W_3$

অতএব, বোতলের ভিতর বস্তুর আয়তন ছাড়া বাকী যে আয়তনের জল থাকে তাহার ওজন $= W_3 - W_2$.

(বোতল + পূর্ণজল)-এর ওজন $= W_4$

বোতলের ভিতরের আয়তনের সমআয়তন জলের ওজন $= W_4 - W_1$

$\therefore$ বস্তুর সমআয়তন জলের ওজন $= (W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)$

কাজেই ঐ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \dfrac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$

(2) তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় :

একটি পরিষ্কার বোতল লইয়া খালি অবস্থায় ওজন কর। পরে বোতলটি জলপূর্ণ করিয়া ওজন কর। এখন জল ফেলিয়া দিয়া বোতলটি শুষ্ক করিয়া নির্দিষ্ট তরল দ্বারা ভর্তি কর এবং ওজন লও।

ধর, খালি বোতলের ওজন $= W_1$

(বোতল + জল)-এর ,, $= W_2$

(বোতল + তরল)-এর ,, $= W_3$

সুতরাং, বোতলের অভ্যন্তরের আয়তনের সমআয়তন

তরলের ওজন $= W_3 - W_1$

এবং ঐ আয়তনের জলের ওজন $= W_2 - W_1$

সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \dfrac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1}$

উদাহরণ :

(1) একটি খালি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের ওজন 15 gms. কিন্তু জলভর্তি অবস্থায় ওজন 40 gms.। বোতলটি কোন তরল দ্বারা পূর্ণ করিয়া

ওজন করা হইল এবং তাহা 44 gms হইল। তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[An empty specific gravity bottle weighs 15 gms. , when filled with water it weighs 40 gms., but when filled with a liquid it weighs 44 gms. Calculate the specific gravity of the liquid.]

উ। এস্থলে খালি বোতলের ওজন = 15 gms.

(বোতল + জলের) ,, = 40 gms.

সুতরাং, বোতলের আভ্যন্তরীণ আয়তনের সমআয়তন জলের ওজন

$= 40 - 15 = 25$ gms.

(বোতল + তরল)এর ওজন = 44 gms

সুতরাং, সমআয়তন তরলের ওজন $= 44 - 15 = 29$ gms.

সুতরাং, তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= \frac{29}{25} = 1{\cdot}16$.

(2) জলপূর্ণ একটি আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতলের ওজন 45 gms. ; উহাকে যথাক্রমে পারদ ও তুঁতে গোলা জল দ্বারা সম্পূর্ণ ভর্তি করিলে ওজন হয় 297 gms এবং 49 gms ; পারদের ঘনত্ব 13·6 gms/c.c. হইলে তুঁতে গোলা জলের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

[A specific gravity bottle completely filled with water, with mercury and with copper sulphate solution weighs respectively 45 gms., 297 gms, and 49 gms. Calculate the density of the solution, that of mercury being 13·6 gms/c.c.]

[*H. S. Exam., 1960*]

উ। ধর, খালি বোতলের ওজন = W gms.

এবং বোতলের আভ্যন্তরীণ আয়তন = V c.c.

কাজেই, প্রথম ক্ষেত্রে $W + V.1 = 45$ [জলের ঘনত্ব = 1 gm/c.c.]

এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে $W + V.13{\cdot}6 = 297$

,, তৃতীয় ক্ষেত্রে $W + V.\rho = 49$ [তুঁতেগোলা জলের ঘনত্ব $= \rho$ gms/c.c.]

দ্বিতীয়টি হইতে প্রথমটি বিয়োগ করিলে

$$12{\cdot}6 \times V = 252$$

$$\therefore \quad V = \frac{252}{12{\cdot}6} = 20 \text{ c.c.}$$

তৃতীয়টি হইতে প্রথমটি বিয়োগ করিলে

$$V(\rho - 1) = 4$$

$$\therefore \quad \rho - 1 = \frac{4}{V} = \frac{4}{20}$$

$$\therefore \quad \rho = \tfrac{4}{20} + 1 = \tfrac{24}{20} = 1{\cdot}2 \text{ gms/c.c.}$$

(3) 1·84 আপেক্ষিক গুরুত্বের 10 c.c. অ্যাসিডের সহিত 6 c.c. জল মিশানো হইল। ইহাতে মিশ্রণের আয়তন 0·9 c.c. কমিয়া গেল। মিশ্রণের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A mixture is made of 10 c.c. of an acid of sp. gr. 1·84 and 6 c.c of water The contraction of volume due to mixing is found to be 0·9 c.c. Find the sp. gravity of the mixture.]

উ। অ্যাসিডের ভর = আঃ গুঃ × আয়তন = 1·84 × 10 = 18·4 gms.

জলের ,, = ,, × ,, = 1 × 6 = 6 gms.

মিশ্রণের মোট ভর = 18·4 + 6 = 24·4 gms.

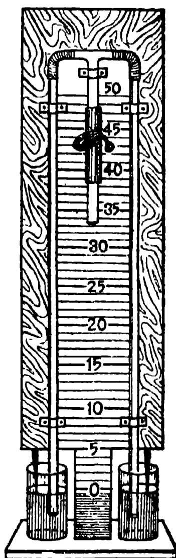
,, আয়তন = (10 + 6) − ·9 = 15·1 c.c.

মিশ্রণের আঃ গুঃ = $\frac{24{\cdot}4}{15{\cdot}1}$ = 1·61 (প্রায়)

4-9. **হেয়ার যন্ত্র** (Hare's apparatus) :

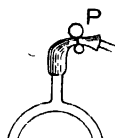
বিবরণ : 4ছ নং চিত্রে একটি হেয়ার যন্ত্র এবং 4জ নং চিত্রে উহার একটি নক্‌শা দেখানো হইয়াছে। একটা U-অক্ষরের মত বাঁকানো দুমুখ খোলা কাচের নল একটি কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে খাড়াভাবে আট্‌কানো আছে। নলের দুই খোলামুখ দুইটি পাত্রের ভিতর ঢুকানো। পাত্র দুইটি দুই রকম

তরলদ্বারা পূর্ণ। নলটির উপরে একটি ছোট কাচ-নল একটি রবার-নলের সহিত সংযুক্ত। একটি ক্লীপ্ P দ্বারা এই রবার নলের মুখ আটকানো



হেয়ার যন্ত্র

চিত্র 4চ



হেয়ার যন্ত্রের নকশা

চিত্র 4জ

বা খোলা যায়। নলের দুই খাড়াবাহুর পাশে একটি স্কেল কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে আটকানো থাকে (4জ নং ছবিতে দেখানো হয় নাই)।

দুইটি তরল যাহারা পরস্পর মিশ্রিত হয়, যেমন—তুঁতের দ্রবণ (Copper sulphate solution) ও জল—তাহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব তুলনা বা কোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় এই যন্ত্রদ্বারা সম্ভব।

তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় ঃ

U-নলের একটি খোলা মুখ বাঁদিকের জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও এবং অপর মুখ ডানদিকের পরীক্ষাধীন তরলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও। এখন P-ক্লীপ্ খুলিয়া রবার নলে মুখ লাগাইয়া ধীরে ধীরে টান দিলে E এবং F নল হইতে খানিকটা বাতাস বাহির হইয়া যাইবে। ফলে E এবং F নল বাহিয়া জল ও তরল পদার্থ উপরে উঠিবে। জল হইতে তরল পদার্থটি হালকা হইলে তরল পদার্থের উচ্চতা জল

অপেক্ষা বেশী হইবে। এবার ক্লীপ্ আঁটিয়া দিলে উহারা নিজ নিজ স্থানে স্থির হইয়া থাকিবে।

ধরা যাউক, E এবং F পর্যন্ত যথাক্রমে জল ও তরল পদার্থ উঠিল। C ং D, জল এবং পাত্রের অভ্যন্তরস্থ তরলের তল। ধর, CE উচ্চতা h_1 cm. এবং DF উচ্চতা h_2 cm.; জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব মনে করা যাউক s_1 এবং ডান দিকের পাত্রের তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব s_2.

যদি পাত্রদ্বয়ের তরলের উপরের পৃষ্ঠে বায়ু-মণ্ডলের চাপ P ধরা যায়, এবং নলের ভিতর তরলের পৃষ্ঠে E এবং F তলে বায়ুর চাপ p ধরা হয়, (নলের ভিতরে সর্বত্র বায়ু-চাপ সমান হইবে) তবে যেহেতু h_1 এবং h_2 তরল-স্তম্ভ স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া আছে, অতএব,

$$P=p+h_1s_1g$$

এবং $$P=p+h_2s_2g$$

$$\therefore \quad \frac{s_2}{s_1}=\frac{h_1}{h_2}$$

যেহেতু জলের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1, কাজেই $s_1=1$, অতএব

$$s_2=\frac{h_1}{h_2}=\frac{\text{জলস্তম্ভের উচ্চতা}}{\text{তরলস্তম্ভের উচ্চতা}}$$

E এবং F নলের গায়ে লাগানো স্কেল হইতে জল ও তরলে-স্তম্ভের উচ্চতা সহজেই নির্ণয় করা যায়। কাজেই তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব তাহা হইতে বাহির করা যাইবে।

যদি C পাত্রে জল না লইয়া অন্য তরল পদার্থ লওয়া যায় তবে উপরোক্ত সমীকরণ হইতে তরলদ্বয়ের আপেক্ষিক গুরুত্ব তুলনা করা যাইতে পারে।

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের উপরোক্ত সমীকরণে নল দুইটির প্রস্থচ্ছেদের কোন উল্লেখ নাই। বস্তুত চাপ প্রস্থচ্ছেদের দ্বারা নির্ণীত হইবে না। অতএব নল দুইটির প্রস্থচ্ছেদ কম বা বেশী—অর্থাৎ নল দুইটি সরু বা মোটা হইতে পারে অথবা উহাদের প্রস্থচ্ছেদ অসমানও হইতে পারে। তবে প্রস্থচ্ছেদ খুব সরু হইলে কৈশিক টান (surface tension) ক্রিয়া করিবে এবং সেক্ষেত্রে উপরোক্ত সমীকরণ প্রযোজ্য হইবে না। সাধারণত একটু মোটা এবং প্রায় সমান প্রস্থচ্ছেদের দুইটি নল লওয়া হয়।

কয়েকটি সাধারণ পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্বের তালিকা

পদার্থ (কঠিন)	আঃ গুঃ	পদার্থ (তরল)	আঃ গুঃ
তামা	8·93	বিশুদ্ধ জল	1
সোনা	19·32	সমুদ্র জল	1·03
রূপা	10·5	পারদ	13·6
লোহা	7·2	গ্লিসারিন	1·26
সীসা	11·4	অ্যালকোহল	0·8
মার্বেল	2·6	কেরোসিন	0·8
কাচ	2·5	দুধ	1·03
বরফ	0·917	তার্পিন তেল	·87
ফট্‌কিরি	1·70		

4·10. গ্যাসের ঘনত্ব (Density of gas) :

0°C তাপমাত্রায় এবং 76 cm পারদের চাপে এক লিটার অর্থাৎ 1000 c.c. গ্যাসের ওজনকে উক্ত গ্যাসের ঘনত্ব বলা হয়। তাপমাত্রা বা ঘনত্ব নির্ণয়ে উপরোক্ত নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপের উল্লেখ প্রয়োজন।

কোন গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় করিতে হইলে একটি প্রায় 500 c.c. আয়তনের কাচের গোলক লও। গোলকের গলায় একটি প্যাঁচকল আটকাও যাহার সাহায্যে একটি বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্রকে (exhaust pump) গোলকের সহিত যুক্ত করা যাইতে পারে। বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রের সাহায্যে গোলক বায়ুশূন্য করিয়া প্যাঁচকল আটকাও এবং যন্ত্রটি খুলিয়া লও। এইবার বায়ুশূন্য গোলকটির ওজন লও। ধর, এই ওজন W_1 gms.। অতঃপর গোলকটি পরীক্ষাধীন গ্যাসদ্বারা পূর্ণ করিয়া ওজন লও। ধর, এই ওজন W_2 gms.। সুতরাং গোলকের ভিতরস্থ গ্যাসের ওজন $= W_2 - W_1 = W$ (ধর) gms.।

যদি গোলকের আয়তন V c.c. হয় তবে ঐ সময়ের তাপমাত্রায় ও বায়ুচাপে উক্ত গ্যাসের ঘনত্ব $D = \frac{W}{V}$.

সারাংশ

আপেক্ষিক গুরুত্ব :

জলকে নির্দিষ্ট মান ধরিয়া সম-আয়তন জলের চাইতে কোন্ দ্রব্য কতটা ভারী তাহাই সেই দ্রব্যের আপেক্ষিক গুরুত্ব। সুতরাং,

$$S = \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{সম-আয়তন জলের ওজন}}$$

আপেক্ষিক গুরুত্ব শুধু একটি সংখ্যামাত্র। ইহার কোন একক নাই।

সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্বের ও ঘনত্বের মান একই। কিন্তু এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ঘনত্ব $= 62.5 \times$ আপেক্ষিক গুরুত্ব।

আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি :

(1) উদস্থৈতিক তুলা দ্বারা, (2) ভাসন পদ্ধতি দ্বারা, (3) হাইড্রোমিটার দ্বারা, (4) আপেক্ষিক গুরুত্ব বোতল দ্বারা, (5) হেয়ার যন্ত্র দ্বারা।

প্রশ্নাবলী

1. 'আপেক্ষিক গুরুত্ব' কাহাকে বলে বুঝাইয়া দাও। প্রমাণ কর, সি. জি, এস্. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্বের ও ঘনত্বের মান সমান।

[Explain what you mean by 'specific gravity'. Prove that in C. G. S. system, specific gravity and density are numerically equal.]

[*H. S*, (*Comp*), *1960*]

2. আপেক্ষিক গুরুত্ব ও ঘনত্বের পার্থক্য কি ?

[What is the difference between specific gravity and density ?]

[*H. S.* (*Comp*), *1960*]

3. জল অপেক্ষা হালকা কোন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[How would you determine the specific gravity of a substance lighter than water ?] [*H. S.* (*Comp*), *1962*]

4. সোনার আপেক্ষিক গুরুত্ব 19·8 হইলে সি. জি. এস্ এবং এফ. পি. এস্ পদ্ধতিতে সোনার ঘনত্ব কত ?

[If the sp. gravity of gold be 19·8, what will be its density in the C. G. S and F. P. S. systems ?] [*H. S.* (*Comp*). *1962*]

[Ans. 19·8 gms/c.c. ; 19·8 × 62·5 lbs/c. ft.]

5. একটি বস্তুর বায়ুতে ওজন 120 gms, কিন্তু জলে ওজন 90 gms এবং কোন তরলে ওজন 78 gms ; তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A substance weighs 120 gms in air, 90 gms in water and 78 gms in a certain liquid. What is the specific gravity of the liquid ?] [Ans. 1·4]

6. একখণ্ড কাঠের বায়ুতে ওজন 74 gms ; একখণ্ড সীসা (যাহার জলে ওজন 82 gms) কাঠটির সহিত আটকানো হইল। উভয়ে মিলিয়া জলে ওজন হইল 18·5 gms ; কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A piece of wood weighs 74 gms in air. A piece of lead which weighs 82 gms in water is tied with the piece of wood and they together weigh 18·5 gms in water. What is the specific gravity of wood ?] [Ans. 0·8]

7. একটি আয়তাকার কাঠের ব্লকের টুকরা জলে ভাসমান আছে। জলের উপর কেরোসিন তেল ঢালা হইতে লাগিল যতক্ষণ না টুকরাটির মাথা কেরোসিনে ঠিক ডুবিয়া গেল। এই তেল মিশানো জলের মধ্যে ব্লকটির মোট উচ্চতার $\frac{1}{8}$ অংশ জলে ডুবিয়া আছে। কেরোসিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব 0.82 হইলে কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A rectangular block of wood floats in water. Kerosene oil is poured on water until the block is just under kerosene oil. In the mixture, the block is found to float with $\frac{1}{8}$th of its height immersed in water. If the specific gravity of kerosene oil be 0·82, find the specific gravity of wood.] [Ans. 0·85]

8. যখন দুইটি তরলের সমান আয়তন লইয়া মিশ্রণ প্রস্তুত করা হয় তখন ঐ মিশ্রণের আপেক্ষিক গুরুত্ব হয় 4 ; কিন্তু যখন সমান ওজন লইয়া মিশ্রণ তৈয়ারী করা হয় তখন আপেক্ষিক গুরুত্ব হয় 8 ; তরল দুইটির আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[When equal volumes of two liquids are mixed together, the specific gravity of the mixture is 4. But when equal weights of the two liquids are mixed together, the sp. gravity of the mixture is 8. Find the sp. gravities of the liquids.] [Ans. 6 and 2]

9. একটি জলপূর্ণ কাচের বোতলের ওজন 75 gms, পারদ দ্বারা পূর্ণ করিলে উহার ওজন হয় 705 gms, এবং সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা পূর্ণ করিলে ওজন হয় 117 gms ; পারদের ঘনত্ব 18·6 gms/c c. হইলে সালফিউরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A glass bottle weighs 75 gms when full of water, 705 gms when full of mercury and 117 gms when full of sulphuric acid. Density of mercury being 18·6 gms/c c., calculate the specific gravity of the acid.] [Ans. 1·84]

10. একখণ্ড কর্কের বায়ুতে ওজন 19 gms ; কর্কটিকে একটি রূপার খণ্ডের সহিত আটকাইয়া ওজন করিলে উভয়ের ওজন হয় 68 gms ; এবং উহারা জলে ঠিক ডুবিয়া ভাসে। রূপার আপেক্ষিক গুরুত্ব 10·5 হইলে কর্কের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A piece of cork weighs 19 gms in air. When it is tied to a piece of silver, they weigh 68 gms and they float in water just immersed. Specific gravity of silver being 10·5, what is the specific gravity of cork ?]

[Ans. 0·32]

11. কোন বস্তুর বায়ুতে ওজন 800 gms ; 0·9 আপেক্ষিক গুরুত্বের একটি তরলে উহার ওজন 270 gms ; জলে উহার ওজন কত হইবে ?

[A substance weighs 800 gms in air and 270 gms in a liquid of specific gravity 0·9. How much would it weigh in water ? [Ans. 266·6 gms]

12. একটি বাঁকানো নল টেবিলের উপর খাড়া করিয়া বসানো আছে। নলের এক বাহুতে প্যারাফিন তেল এবং অন্য বাহুতে জল আছে। প্যারাফিন স্তম্ভের শীর্ষ এবং তল টেবিল হইতে যথাক্রমে 18·4 এবং 6·4 inches উঁচু হইলে এবং জলস্তম্ভের শীর্ষ 16·6 inches উঁচু হইলে প্যারাফিন তেলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[A bent tube, containing paraffin oil in one limb and water in the other, is placed vertically on the table. If the top and bottom of paraffin column from the table are respectively 18·8 and 6·4 inches and the top of the water column is 16·6 inches from the table, calculate the sp. gravity of paraffin oil.]

[*H. S.* (*Comp*) *1961*] [Ans. 0·85]

13. কেরাসিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·8; সমব্যাসযুক্ত খাড়া একটি U-নলে 10 cm. দীর্ঘ কেরোসিন তেলের স্তম্ভ আছে। নলে জল ঢালা হইল। জলস্তম্ভের মোট উচ্চতা যদি 10 cm. হয় তবে দুই তরলের সর্বোচ্চ তলের উচ্চতার পার্থক্য কত হইবে ?

[Kerosene has a specific gravity of 0·8. A vertical U-tube of uniform bore contains a 10-cm column of Kerosene. Water is poured into the tube. If total length of the water column is also 10 cm. What will be the difference in height between the top levels of the two liquids ?] [*H. S. Exam. 1963*]

[Ans. 2·5 cm]

14. নিকল্‌সন হাইড্রোমিটারের বিবরণ দাও এবং উহা দ্বারা কোন তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় প্রণালী বর্ণনা কর।

[Describe a Nicholson's hydrometer and explain how you would determine the specific gravity of a liquid with it.]

15. একটি নিকল্‌সন হাইড্রোমিটার 0·6 আপেক্ষিক গুরুত্বের কোন তরলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডোবে। কিন্তু জলে ঐ দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 120 gms প্রয়োজন হয়। হাইড্রোমিটারের ওজন নির্ণয় কর।

[A Nicholson's hydrometer sinks up to a certain mark in a liquid of specific gravity 0·6 but it requires 120 gms to sink up to that mark in water. Calculate the weight of the hydrometer.] [Ans. 180 gms.]

16. একটি নিকল্‌সন হাইড্রোমিটারকে জলে নির্দিষ্ট দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 60·8 gms ওজন লাগে। অ্যাল্‌কোহলে ঐ দাগ পর্যন্ত ডুবাইতে 6·8 gms প্রয়োজন হয়। হাইড্রোমিটারের ওজন 200 gms হইলে অ্যাল্‌কোহলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[In order to sink a Nicholson's hydrometer to the mark in water, it was necessary to add 60·8 gms to the upper pan. When floating in alcohol, only 6·8 gms. were required to sink it up to the mark. If the hydrometer weighs 200 gms, what is the specific gravity of alcohol ? [Ans. 0·794]

17. গুড়া পদার্থ বা সূক্ষ্মকণাবিশিষ্ট পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব কিরূপে নির্ণয় করিবে ?

[How would you find out the specific gravity of a powder or a granular substance ?]

18. হেয়ার যন্ত্রের বিবরণ দাও ও উহার কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

[Describe a Hare's apparatus and explain how it works.]

19. একটি হীরা বসানো সোনার আংটির বায়ুতে ওজন 4 gms এবং জলে ওজন 3·72 gms, সোনা ও হীরার আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে 19·3 এবং 3·5 ; আংটিতে হীরার ওজন নির্ণয় কর।

[A gold ring, set with diamond, weighs 4 gms in air and 3·72 gms in water. The specific gravities of gold and diamond are respectively 19·3 and 3·5. Find the weight of diamond in the ring.] [Ans 0·31 gm.]

20. 1 c. c. সীসার সহিত 21 c. c. কাঠ জুড়িয়া দেওয়া হইল। সীসার ও কাঠের আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে 11·4 এবং 0·5 ; উহারা জলে ভাসিবে কি ডুবিবে নির্ণয় কর।

[1 c.c. lead and 21 c.c. wood, when tied together, are allowed to be dropped into water. If the specific gravities of lead and wood are 11·4 and 0·5 respectively, find whether the combination will float or sink.]

[*H. S. (Comp) 1963*] [Ans. float]

21. একখানি গহনা ফাঁপা বলিয়া সন্দেহ হয়। বায়ুতে উহার ওজন 288·75 gms এবং জলে ওজন 258·75 gms. গহনার উপাদানের আপেক্ষিক গুরুত্ব 10·5 হইলে ফাঁপা অংশের আয়তন নির্ণয় কর।

[An ornament is suspected to be hollow. It weighs 288·75 gms in air and 258·75 gms in water. If the sp. gr of the material of the ornament be 10·5, calculate the volume of the cavity of the ornament.] [Ans. 2·5 c.c.]

22. A, B, C তিনটি বিভিন্ন ধাতুর তিনটি টুকরা। বায়ুতে এবং জলে উহাদের ওজন যথাক্রমে 16, 20 ও 22 gms এবং 14, 18 ও 20 gms ; যদি উহাদের দুইটি বিশুদ্ধ ধাতুর তৈয়ারী এবং তৃতীয়টি উহাদের শংকর ধাতু হয়, তবে নির্ণয় কর যে কোন্‌টি শংকর ধাতুর তৈয়ারী। উহাতে অন্য দুইটি ধাতুর অংশ কত তাহাও নির্ণয় কর।

[Three pieces A, B and C of different substances weigh 16, 20 and 22 gms respectively in air and 14, 18 and 20 gms respectively in water. If two of the pieces be pure metals and the third be their alloy, which of the three pieces is alloy ? Also calculate the proportion, by weight, of the pure metals in the alloy.] [Ans. B শংকর ধাতু ; A = $5\frac{1}{3}$ gms. C = $14\frac{2}{3}$ gms]

23. হেয়ার যন্ত্রের কোন পরীক্ষায় একটি নলে জল 26·8 cms উঠিয়াছে দেখা গেল। অপর নলে যে তরল পদার্থ আছে তাহার আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·34 হইলে ঐ নলে তরল পদার্থ কতটা উঁচুতে উঠিবে ?

[In one experiment with Hare's apparatus, water is found to rise 26·8 cms is one arm of the U-tube. If the sp. gravity of the liquid in the other limb be 1·34, find the height to which the liquid will rise.] [*H. S. Exam. 1962*]

[Ans. 20 cms.]

24. 80 cm. দীর্ঘ এবং $\frac{1}{2}$ sq. cm. প্রস্থচ্ছেদযুক্ত একটি কাচের নলের এক মুখ খোলা এবং এক মুখ বন্ধ। নলটির ওজন 4 gms এবং উহার ভিতর 10 gms পারদ আছে। একটি

তরলে নলটি দৈর্ঘ্যের 2 cm. বাহিরে রাখিয়া খাড়াভাবে ভাসিতে থাকিলে তরলটির আপেক্ষিক গুরুত্ব কত ?

[A glass tube 30 cm. long and ½ sq.cm. in cross-section is closed at one end ; its weight is 4 gms and 10 gms. of mercury are put in it. What will be the sp. gravity of the liquid in which it floats vertically with 2 cm. of its length above the surface ?] [Ans. 1]

[Objective Type Questions]

25. নিম্নলিখিত অশুদ্ধ উক্তিগুলি শুদ্ধ কর :—

(i) যে-কোন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে জলকে নির্দিষ্ট মান ধরা হয়।

(ii) এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক গুরুত্ব এবং ঘনত্বের মান সমান।

(iii) ঘনত্ব প্রকাশে কোন এককের প্রয়োজন নাই কারণ উহা একটি অনুপাত মাত্র।

(iv) হেয়ার যন্ত্রের নল দুইটির প্রস্থচ্ছেদ খুব সরু হইলেও কোন ক্ষতি হয় না।

(v) ভাসন পদ্ধতির দ্বারা হাল্কা, ভারী যে কোন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয় করা চলে।

(vi) আপেক্ষিক গুরুত্ব নির্ণয়ে তাপমাত্রার উল্লেখের কোন প্রয়োজন নাই।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

বায়ুমণ্ডলের চাপ এবং চাপ-সংক্রান্ত বিভিন্ন পাম্প

[Atmospheric pressure and various air pressure pumps]

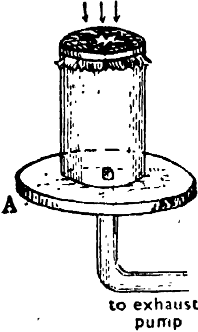
5-1. বায়ুমণ্ডলের চাপ (Atmospheric pressure) ঃ

এই পৃথিবী বায়ুমণ্ডল কর্তৃক পরিব্যাপ্ত। এই বায়ুমণ্ডলে অক্সিজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি বহুবিধ বায়বীয় পদার্থ বিদ্যমান। বায়ু আমরা দেখিতে পাই না; কিন্তু নানা উপায়ে ইহার অস্তিত্ব অনুভব করিতে পারি। যখন গাছের পাতা নড়ে তখন বুঝি যে বায়ু বহিতেছে; পাখা চালাইলে শরীরের উপর দিয়া বায়ু প্রবাহিত হইলে বুঝি যে বায়ু আছে। এইরূপে আমরা অনুভূতির সাহায্যে বায়ুর অস্তিত্ব টের পাই। পৃথিবীকে বেষ্টন করিয়া এই বায়ুমণ্ডল বহুদূর প্রসারিত। মাছ যেমন জলে ডুবিয়া থাকে, মানুষ, জীব-জন্তু প্রভৃতি তেমনি বায়ু-সমুদ্রে ডুবিয়া আছে। পৃথিবীর বুকে সজীব প্রাণীর জীবনধারণ এই বায়ুমণ্ডলের জন্যই সম্ভব—কারণ নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসের জন্য তাহারা বায়ুমণ্ডলের নিকট ঋণী।

এই বায়ুমণ্ডলের ওজন আছে। কাজেই পৃথিবীর উপর বায়ুমণ্ডল চাপ প্রদান করে। সাধারণত বায়ু অত্যন্ত হাল্কা হওয়াতে মনে হয় এই চাপ অতি সামান্য। কিন্তু পৃথিবীর চতুর্দিকে প্রায় 200 মাইল পর্যন্ত পরিব্যাপ্ত বায়ুমণ্ডলের সমস্ত বায়বীয় পদার্থের কথা চিন্তা করিলে দেখা যাইবে এই চাপ সামান্য নয়। প্রকৃতপক্ষে পৃথিবীর উপরে **প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে এই চাপের পরিমাণ প্রায় 14.7 পাউণ্ড** (প্রায় 7½ সের.)। একজন প্রাপ্তবয়স্ক মানুষের দেহের ক্ষেত্রফল 16 বর্গফুট। সুতরাং মানুষের শরীরে বায়ুমণ্ডল যে-চাপ প্রদান করে তাহার মোট পরিমাণ 16 × 144 × 14.7 পাউণ্ড অথবা 405 মণ। কাজেই বায়ুমণ্ডলের চাপ নগণ্য একথা বলা চলে না। তবে মানুষের শরীরের ভিতরেও বায়ু প্রবেশ করে বলিয়া বাহিরের এই চাপ ভিতরের চাপের সমান ও বিপরীত। কাজেই মানুষ সাধারণত এই চাপ অনুভব

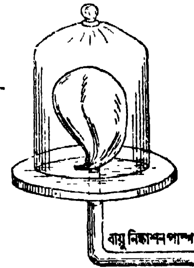
5-2. বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণ করিবার পরীক্ষা (Experiments to demonstrate the existence of atmospheric pressure):

(1) একটি দুমুখ খোলা শক্ত কাচের চোঙ লইয়া একমুখ পাতলা রবার পাত দিয়া শক্ত করিয়া আট্‌কাও (5ক নং চিত্র)। কাচের পাত্রটিকে বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্রের (exhaust pump) রেকাবী A-তে বসাও। রেকাবী এবং পাত্রের মুখের মধ্যে যাহাতে কোন ফাঁক না থাকে সেজন্য ভেস্‌লীন দিয়া জোড়ের মুখ বায়ুনিরুদ্ধ (air-tight) কর। পাত্রের ভিতরস্থ বায়ু এবং বাহিরের বায়ুর চাপ সমান এবং বিপরীতমুখী বলিয়া রবার পাত সমতল থাকিবে। এখন বায়ুনিষ্কাশক যন্ত্র চালাইয়া পাত্রের ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া লইলে দেখা যাইবে রবার পাতটি ক্রমশ উপর হইতে চাপ খাইয়া বাঁকিয়া যাইতেছে। ভিতরের বায়ু বেশী বাহির করিয়া লইলে রবারপাতটি ক্রমশ বাঁকিতে বাঁকিতে সশব্দে ফাটিয়া যাইবে। অতএব ইহা প্রমাণ করে যে, বায়ুমণ্ডলের চাপ আছে।



বায়ুব নিম্নাভিমুখী চাপের পরীক্ষা

চিত্র 5ক

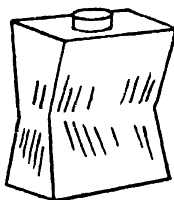


বায়ুব বহির্মুখী চাপের পরীক্ষা

চিত্র 5ক (i)

(2) একটি পাতলা রবারের বেলুনের অল্প পরিমাণ হাওয়া ভর্তি করিয়া বেলুনটির মুখ বন্ধ করা হইল। বেলুনটিকে বায়ুনিষ্কাশক যন্ত্রের রেকাবীর উপর রাখিয়া একটি বড় কাচ-পাত্র দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হইল [5ক (i) নং চিত্র]। কাচ-পাত্র ও রেকাবীর জোড়ের মুখ ভেস্‌লীন দিয়া বায়ু-নিরুদ্ধ করিতে হইবে। এইবার পাম্প চালাইয়া কাচপাত্রের বায়ু যত বাহির করিয়া লওয়া হইবে তত বেলুনটি আস্তে আস্তে ফুলিতে থাকিবে। ইহার কারণ এই যে বেলুনের চতুষ্পার্শ্বস্থ বায়ু নিষ্কাশিত হইবার সঙ্গে সঙ্গে বেলুনের বাহিরের চাপে কমিয়া যায়। কিন্তু বেলুনের ভিতরস্থ বায়ুর চাপ সাধারণ বায়ুর চাপের সমান থাকায় ইহার আয়তন বৃদ্ধি হয় এবং বেলুনটি ফুলিয়া উঠে।

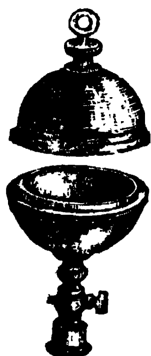
(3) একটু লম্বা ধরনের ছোট মুখওয়ালা পাতলা টিনের পাত্র [চিত্র 5ক(ii)] লইয়া উহাতে কিছু জল ঢাল। জলকে দ্রুত উত্তপ্ত করিয়া ফুটাও। ইহাতে জলীয় বাষ্প পাত্রের ভিতরকার সব বায়ুকে বাহির করিয়া দিবে। এইবার পাত্রের মুখ রবারের ছিপি দিয়া বায়ু-নিরুদ্ধ (air-tight) ভাবে আট্‌কাও এবং পাত্রটি দ্রুত ঠাণ্ডা কর। ইহার ফলে পাত্রের ভিতরস্থ জলীয় বাষ্প জমিয়া জল হইবে এবং ভিতরের চাপ দ্রুত কমিয়া যাইবে। তখন বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপে পাত্রটির দেওয়াল 5ক (ii) নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ বাঁকিয়া যাইবে। এই সহজ পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে বায়ুমণ্ডল পার্শ্বচাপ প্রয়োগ করিতে পারে।



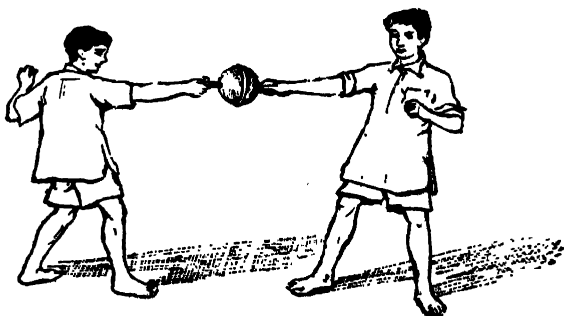
বায়ুমণ্ডলের পার্শ্বচাপের পরীক্ষা
চিত্র 5ক (ii)

(4) **ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা** (Magdeburg hemisphere experiment) :

দুইটি ফাঁপা পিতলের অর্ধগোলক মুখে মুখে ঠিক জোড়া লাগিয়া একটি পূর্ণ গোলক তৈয়ারী করে (5খ নং চিত্র)। একটি অর্ধগোলকে চাবিসহ একটি নল আছে। এই নলের সহিত বায়ু নিষ্কাশক যন্ত্র লাগানো যাইতে পারে। অপর অর্ধগোলকে একটি হাতল লাগানো আছে। যখন অর্ধগোলক



ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক



ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা

চিত্র 5খ

দুইটি একত্র করা হয় এবং ভিতরে বায়ু থাকে তখন উহাদের আলাদা করা খুব সহজ। কারণ ভিতরে বায়ুর চাপ এবং বাহিরে বায়ুর চাপ সমান ও

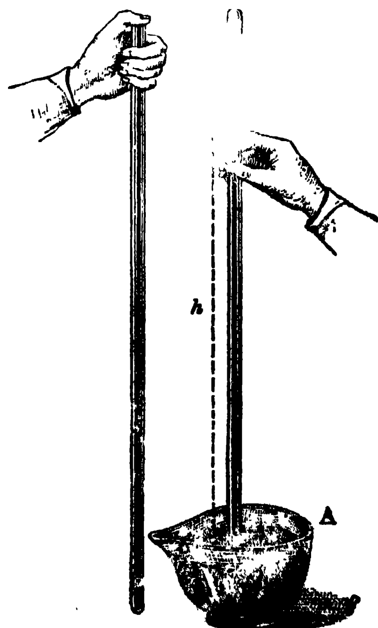
বিপরীত। কিন্তু অর্ধগোলক দুইটি বায়ুনিরুদ্ধভাবে একত্র করিয়া বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রদ্বারা ভিতরের বায়ু সম্পূর্ণ বাহির করিয়া দিলে উহাদের আলাদা করা খুবই শক্ত। কারণ তখন ভিতরে কোন চাপ থাকে না কিন্তু বাহির হইতে বায়ুমণ্ডল চতুর্দিকে গোলকের উপর প্রচণ্ড চাপ প্রয়োগ করে। জার্মানীর ম্যাগডেবার্গ শহরে অটো ভন্ গেরিক 2 ফুট ব্যাসযুক্ত দুইটি অর্ধগোলকের দ্বারা এই পরীক্ষা করিয়াছিলেন। গোলকটির ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া নিলে বায়ুমণ্ডল এত চাপ প্রয়োগ করিয়াছিল যে উভয় দিকে 6টি ঘোড়া লাগাইয়া উহাদের আলাদা করা সম্ভব হয় নাই। সুতরাং এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ হয় যে **বায়ুমণ্ডল চতুর্দিকে চাপ প্রদান করে।**

(5) টরিসেলির পরীক্ষা (Torricelli's experiment):

টরিসেলির পরীক্ষাদ্বারা শুধু যে বায়ুমণ্ডলের চাপের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয় তাহা নহে—ইহার পরিমাপও সম্ভব।

প্রায় এক মিটার লম্বা, একমুখ খোলা এবং সর্বত্র সমান ব্যাসযুক্ত মোটা কাচনল লইয়া উহা পারদপূর্ণ কর। অতঃপর খোলামুখ আঙ্গুল দিয়া আটকাইয়া সাবধানে নলটিকে উল্টাইয়া পারদপূর্ণ অপর একটি পাত্রে (A) নলের খোলা মুখ ঢুকাইয়া দাও এবং আঙ্গুল সরাইয়া লও। নলটিকে খাড়া করিয়া রাখার ব্যবস্থা কর। দেখিবে নলের পারদ কিছুদূর নামিয়া আসিয়া স্থির হইয়া দাঁড়াইবে (5গ নং চিত্র)।

আপাতদৃষ্টিতে মনে হইবে যে নলের ভিতরের পারদস্তম্ভ আপনা-আপনিই দাঁড়াইয়া আছে ; কিন্তু বাস্তবিক পক্ষে তাহা নহে। বায়ুমণ্ডলের চাপের দরুন এরূপ হইতেছে। A পাত্রের পারদের উপর বায়ুমণ্ডল সর্বদা চাপ দিতেছে। পাস্কালের সূত্রানুযায়ী পারদ



টরিসেলির পরীক্ষা
চিত্র 5গ

এই চাপ নলের ভিতরকার পারদে সঞ্চালিত করিতেছে। এই ঊর্ধ্বমুখী সঞ্চালিত চাপ নলের ভিতরের পারদস্তম্ভের ওজনের সমান হওয়ায় পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া আছে। সুতরাং **বায়ুমণ্ডলের চাপ = প্রতি একক ক্ষেত্রফলে পারদস্তম্ভের ওজন।**

যদি বিভিন্ন ব্যাসের কাচনল লইয়া উপরোক্ত পরীক্ষা করা যায় তবে দেখা যাইবে যে প্রত্যেক নলেই পারদস্তম্ভের উচ্চতা সমান অর্থাৎ নলের ব্যাসের হ্রাস-বৃদ্ধিতে বায়ু-চাপের কোন তারতম্য হয় না।

সাধারণত নলের ভিতর পারদস্তম্ভের উচ্চতা প্রায় 76 সে. মি.। অর্থাৎ, বায়ুমণ্ডলের চাপ 76 সে. মি. উচ্চ পারদস্তম্ভকে ধরিয়া রাখিতে পারে। পারদ জল হইতে 13·6 গুণ ভারী বলিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপ $76 \times 13{\cdot}6$ সে. মি. অথবা প্রায় 34 ফুট উচ্চ জলস্তম্ভকে ধরিয়া রাখিতে পারিবে।

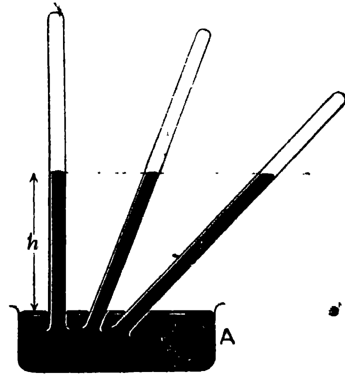
টরিসেলির এই পরীক্ষার পশ্চাতে একটি সুন্দর ঐতিহাসিক ঘটনা আছে। টরিসেলির বহু পূর্বেই বায়ুমণ্ডলের চাপের কয়েকটি ঘটনার কথা তখনকার লোকেরা জানিত। কিন্তু ঐ ঘটনাগুলি যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্য হইতেছে তাহা জানা ছিল না। যেমন, লোকেরা জানিত যে পিচকারী বা সিরিঞ্জের মত যন্ত্র দিয়া জল টানিয়া তোলা যায়। তাহারা ইহার ব্যাখ্যা স্বরূপ বলিত যে প্রকৃতি শূন্যস্থান পছন্দ করে না। সিরিঞ্জের পিস্টন টানিলে যে শূন্যস্থান তৈয়ারী হয় প্রকৃতি তাহা পছন্দ করে না বলিয়াই জল পিস্টনের পিছনে পিছনে উঠিয়া যায়। এই সময় অর্থাৎ 1642 খ্রীষ্টাব্দে ইটালীর অন্তর্গত টুস্কানীর ডিউক তাঁহার বাগানে জল দিবার জন্য কতকগুলি কূপ খনন করান এবং কূপ হইতে জল তুলিবার জন্য পাম্প বসান। কূপগুলি প্রায় 50 ft. গভীর ছিল। দেখা গেল যে পাম্প 30 ft. পর্যন্ত জল তুলিতেছে—তাহার বেশী তুলিতে পারিতেছে না। কিন্তু প্রকৃতি ত শূন্য স্থান পছন্দ করে না। তবে জল আর উঠিল না কেন? সেই সময় গ্যালিলিওর বিজ্ঞানী হিসাবে খুব খ্যাতি। টুস্কানীর ডিউক তখন গ্যালিলিওকে ডাকিয়া এই সমস্যা সমাধান করিবার জন্য অনুরোধ করিলেন। গ্যালিলিওর মনে মনে একটা ধারণা ছিল যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্যই এরূপ হইতেছে—পাম্পে কোন গণ্ডগোল নাই। প্রকৃতি শূন্যস্থান পছন্দ করে না—ইহাও কোন কাজের কথা নয়। সম্ভবতঃ তিনি তাঁহার মনের কথা তাঁহার প্রিয় শিষ্য টরিসেলিকে বলিয়াছিলেন। কিন্তু তাঁহার ধারণার সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে প্রমাণ করিবার পূর্বেই তাঁহার মৃত্যু ঘটে। তখন টরিসেলি তাঁহার গুরুর কথা স্মরণ করিয়া ভাবিলেন যে ঐ ঘটনা যদি বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্য হয় এবং বায়ু-মণ্ডলের চাপ যদি জলকে 30 ft. উচ্চে তোলে তবে পারদকে তুলিবে 27 inches কারণ পারদ জল অপেক্ষা প্রায় 13·6 গুণ ভারী। তখন তিনি তাঁহার বিখ্যাত পরীক্ষা—যাহা টরিসেলির পরীক্ষা বলিয়া খ্যাত—সম্পন্ন করিলেন।

টরিসেলির পরীক্ষা সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় ঃ

পূর্ববর্ণিত টরিসেলির পরীক্ষা সম্বন্ধে নিম্নলিখিত বিষয় কয়টি খুবই উল্লেখযোগ্য ঃ

(i) কাচনলে যে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে তাহার উপরে নলের বদ্ধপ্রান্ত পর্যন্ত স্থান সম্পূর্ণ শূন্য। এই শূন্যস্থানকে **টরিসেলির শূন্যস্থান** (Torricellian vacuum) বলে। প্রকৃতপক্ষে, এই স্থানকে সম্পূর্ণ শূন্য বলিলে ভুল বলা হইবে —কারণ খুব সামান্য পারদ-বাষ্প এই স্থান অধিকার করিয়া থাকে।

(ii) কাচনলের খোলামুখ A-পাত্রের পারদে ডুবাইয়া রাখিয়া যদি নলটিকে ধীরে ধীরে কাত করা যায়, তবে পারদস্তম্ভ ক্রমশ বদ্ধপ্রান্তের দিকে অগ্রসর হইবে কিন্তু সর্বদা পারদস্তম্ভের খাড়া উচ্চতা (vertical height) সমান থাকিবে [চিত্র 5গ (i)] ; কারণ এই খাড়া উচ্চতাই বায়ুমণ্ডলের চাপ পরিমাপ করে।



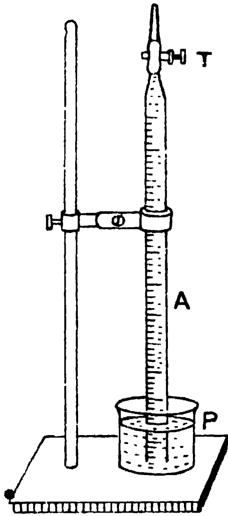
চিত্র 5গ (i)

(iii) যদি কোন আবদ্ধস্থানে টরিসেলির পরীক্ষা করা যায় এবং আবদ্ধ স্থান হইতে বায়ু ক্রমশ বায়ু-নিষ্কাশক যন্ত্রের সাহায্যে বাহির করিয়া লওয়া হয়, তবে দেখা যাইবে যে পারদস্তম্ভের উচ্চতা ক্রমশ কমিতেছে ; আবার আস্তে আস্তে বায়ু প্রবেশ করাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা বাড়িয়া পূর্বের মত হইবে। ইহা নিঃসন্দেহে প্রমাণ করে যে বায়ুমণ্ডলের চাপের জন্যই নলে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে।

(iv) কাচনলটির উপর যদি একটি ছিদ্র করা যায় তবে ঐ ছিদ্র-পথে বায়ু প্রবেশ করিবে এবং পারদস্তম্ভের উপর চাপ দিবে। ফলে স্তম্ভের উপরে এবং নীচে অর্থাৎ A পাত্রের পারদতলে চাপ সমান হইবে এবং পারদস্তম্ভ তখন আর ঐভাবে দাঁড়াইয়া থাকিবে না ; আপন ভারে নামিয়া A পাত্রে জমা হইবে। নিম্নের সহজ পরীক্ষা দ্বারাও ইহা প্রমাণ করা যায়।

প্যাঁচকল (T) আটকানো একটি ব্যুরেট (Burette) A লইয়া জলপূর্ণ কর। ব্যুরেটের খোলামুখ হাত দিয়া আটকাইয়া উপুড় কর এবং জলপূর্ণ

একটি পাত্রের (P) ভিতর ঢুকাইয়া হাত সরাইয়া লও। দেখিবে ব্যুরেটের জল পড়িয়া যাইবে না [চিত্র 5গ (ii)]। ইহার কারণ কি? ইহার কারণ বায়ুমণ্ডলের চাপ P পাত্রের জলতলে পড়িতেছে এবং উহা জল কর্তৃক সঞ্চালিত হইয়া ব্যুরেটে দণ্ডায়মান জলস্তম্ভকে ধরিয়া রাখিয়াছে—যেমন টরিসেলির পরীক্ষায় পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে। এইবার ব্যুরেটের প্যাঁচকল (T) খুলিয়া দাও। খোলাপথে বায়ু প্রবেশ করিয়া চাপ দিবে। দেখিবে যে জল ব্যুরেটে আর দাঁড়াইয়া নাই। আস্তে আস্তে P পাত্রে আসিয়া জমা হইয়াছে।



চিত্র 5গ (ii)

5-3. বায়ু-চাপ মাপক যন্ত্র বা ব্যারোমিটার (Barometer):

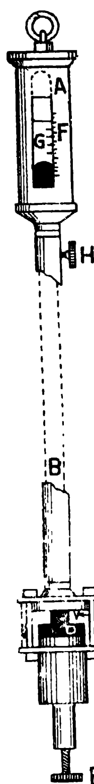
যে-যন্ত্রের সাহায্যে বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপা হয় তাহাকে **ব্যারোমিটার** (Barometer) বলে। ব্যারোমিটার নানারকম হইতে পারে—ইহাদের মধ্যে Fortin's ব্যারোমিটার বিশেষ উল্লেখযোগ্য। এই ব্যারোমিটারের বিবরণ ও কার্যপ্রণালী নিম্নে বর্ণিত হইল।

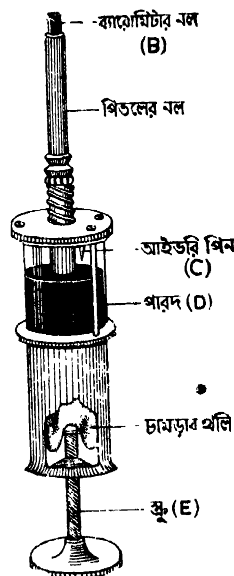
(i) Fortin's ব্যারোমিটার:

বিবরণ: টরিসেলির পরীক্ষায় যে-ব্যবস্থা করা হয় তাহার কিছু সংশোধন এবং পরিবর্তন করিলে এই ব্যারোমিটার পাওয়া যায়। 5ঘ নং চিত্রে Fortin's ব্যারোমিটারের একটি ছবি দেখানো হইল।

AB একটি সমব্যাসযুক্ত কাচনল। ইহার দৈর্ঘ্য প্রায় এক মিটার এবং ইহার একমুখ বন্ধ। টরিসেলির পরীক্ষার মত নলটি শুষ্ক ও পরিষ্কার পারদ দ্বারা পূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্র D-র ভিতর খোলা মুখ ঢুকাইয়া উপুড় করিয়া রাখা আছে। পারদপূর্ণ এই পাত্রটির উপরাংশ কাচ-মণ্ডিত এবং নিম্নাংশ পিতলের তৈয়ারী। কাচনলটি একটি পিতলের নলের মধ্যে বসানো থাকে যাহাতে বাহির হইতে আঘাত লাগিয়া কাচনলটি ভাঙ্গিয়া না যায়। সাধারণত পিতলের নলটি দেওয়ালে একটি আংটার দ্বারা একটি কাঠের ফ্রেমের সাহায্যে খাড়াভাবে ঝুলানো থাকে। পিতলের নলের উপরিভাগে

প্রায় 20 সেন্টিমিটার লম্বা ও দেড় সেন্টিমিটার চওড়া দুইটি পরস্পর বিপরীত কাটা অংশ থাকে। এই কাটা অংশের মধ্য দিয়া কাচনল ও উহার অভ্যন্তরস্থ পারদতল দেখা যায়। D পারদ-পাত্রের পারদতল (level) সর্বদা এক রাখিবার জন্য একটি হস্তি-দন্তের পিন (ivory pin) C দেওয়া থাকে। D-পারদপাত্রের পারদতল উঁচু-নীচু করিবার জন্য পাত্রের তলায় একটি স্ক্রু E আছে। এই স্ক্রু ঘুরাইলে D পাত্রের তলায় একটি চামড়ার থলির আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় এবং তাহার ফলে D পাত্রের পারদতল উঁচুতে উঠে বা নীচুতে নামে। চামড়ার থলির ভিতর দিয়া বায়ু চলাচল করিতে পারে কিন্তু পারদ পারে না। ফলে D পাত্রের পারদতলে বায়ু-চাপ বাহিরের বায়ুচাপের সমান হয়। [ব্যারোমিটারের এই তলার অংশ 5ঘ নং চিত্রে আলাদাভাবে দেখানো হইয়াছে।] পিতলের নলের গায়ে একটি স্কেল F অঙ্কিত আছে এবং এই স্কেলের 0-দাগ





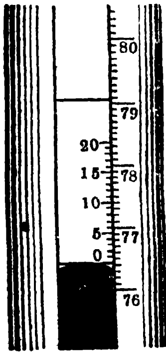
Fortin's ব্যারোমিটার
চিত্র 5ঘ

হস্তিদন্তের পিনের অগ্রভাগের সহিত এক সমতলে অবস্থিত। পারদস্তম্ভের উচ্চতা সূক্ষ্মভাবে মাপিবার জন্য F স্কেলের সহিত একটি ভার্নিয়ার G যুক্ত থাকে। এই ভার্নিয়ারকে স্কেল বাহিয়া উঠা-নামা করাইবার জন্য একটি স্ক্রু-H পিতলের নলের গায়ে লাগানো থাকে। এই স্ক্রু ঘুরাইয়া ভার্নিয়ার G-কে এমন জায়গায় আনিতে হইবে যে ভার্নিয়ারের নীচের প্রান্ত পারদ-স্তম্ভের উত্তল (convex) তলের স্পর্শক (tangent) হয়। ভার্নিয়ারের এই অবস্থান ত্রুটিহীনভাবে করিবার জন্য ভার্নিয়ারের পিছনে একটি সাদা

প্লেট লাগানো থাকে। যতক্ষণ পর্যন্ত ভার্নিয়ারের নিম্নপ্রান্ত. পারদস্তম্ভের উত্তল তলকে স্পর্শ না করিবে ততক্ষণ পর্যন্ত কাচের ভিতর দিয়া সাদা প্লেট দেখা যাইবে। যে মুহূর্তে সাদা প্লেট দৃষ্টির অগোচর হইবে তখনই বুঝিতে হইবে যে ভার্নিয়ারকে যথাযথ অবস্থানে বসানো হইয়াছে। তাপমাত্রা পরিবর্তনে বায়ুচাপেরও পরিবর্তন হয়। সেইজন্য ব্যারোমিটারের সহিত সর্বদা একটি থার্মোমিটার লাগানো থাকে (ছবিতে দেখানো হয় নাই)।

ব্যারোমিটার পাঠ (Reading of a barometer):

ব্যারোমিটার পাঠ করিতে গেলে সর্বপ্রথম লক্ষ্য করিতে হইবে যে D পারদপাত্রের পারদতল C পিনকে স্পর্শ করিয়া আছে কি-না। প্রতিদিন বায়ুচাপ পরিবর্তনের ফলে পারদতল পিনকে স্পর্শ না করিয়া থাকিতেও পারে। এইজন্য সর্বপ্রথম E-স্ক্রু ঘুরাইয়া পারদতলকে C পিনের সহিত স্পর্শ করাইতে হইবে। ইহার ফলে পারদতল F-স্কেলের 0-দাগের সহিত এক সমতলে আসিবে।



চিত্র 5ঙ

অতঃপর H-স্ক্রু ঘুরাইয়া G-ভার্নিয়ারকে এমনভাবে রাখিতে হইবে যেন ইহার নিম্নতল পারদস্তম্ভের উত্তল তলের স্পর্শক হয় (5ঙ নং চিত্র)। অতঃপর মূল স্কেল ও ভার্নিয়ার স্কেলের পাঠ লইয়া পারদস্তম্ভের উচ্চতা নির্ণয় করিলে তখনকার বায়ুচাপ পাওয়া যাইবে।

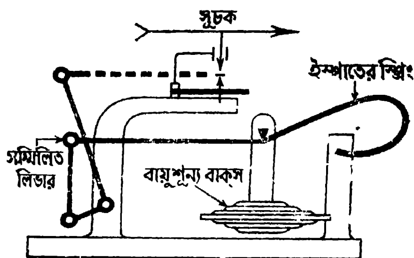
সাধারণত ব্যারোমিটারে যে-ভার্নিয়ার থাকে উহার স্থিরাঙ্ক ·005 cm. 5ঙ নং চিত্রে যে ভাবে দেখানো হইয়াছে তাহাতে মূল-স্কেল পাঠ হইল 76·4 cm এবং 12 ঘর ভার্নিয়ার দাগ একটি মূল স্কেল দাগের সহিত মিলিয়া যাওয়ায় ভার্নিয়ার পাঠ হইল $12 \times \cdot 005 = \cdot 06$ cm. সুতরাং ব্যারোমিটার পাঠ হইল $76\cdot 4 + \cdot 06 = 76\cdot 46$ cm. ইহাই তখনকার বায়ু-চাপ নির্দেশ করে।

(2) Aneroid **ব্যারোমিটার**:

বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ভুল ও সূক্ষ্মভাবে নির্ণয় করিতে গেলে Fortin's ব্যারোমিটার সর্বোৎকৃষ্ট, সন্দেহ নাই। কিন্তু ইহার একটি অসুবিধা এই যে

ইহাকে নাড়াচাড়া করা যায় না ; ইহাকে সর্বদা খাড়াভাবে একস্থানে আটকাইয়া রাখিতে হয়। Aneroid ব্যারোমিটারের এই অসুবিধা নাই— অর্থাৎ, ইহাকে সহজে নাড়াচাড়া করা যায়, কারণ, এই ব্যারোমিটারে কোন তরল পদার্থ ব্যবহৃত হয় না।

5চ নং চিত্রে এই ব্যারোমিটারের নক্শা দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি ধাতুনির্মিত বাক্স বিশেষ। বাক্সটি আংশিক বায়ুশূন্য এবং বায়ুনিরুদ্ধভাবে বন্ধ করা। বাক্সটির উপরে একটি পাতলা ঢেউখেলানো (corrugated) ধাতব ঢাকনী আছে। বায়ুমণ্ডলের চাপের সামান্য তারতম্যে এই ঢাকনীটি ভিতরের দিকে নামিয়া যায় এবং চাপ কমিলে উপরের দিকে উঠিয়া আসে। বাক্সটির অভ্যন্তর বায়ুশূন্য হওয়ায় এবং ঢাকনীটি পাতলা বলিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপে উহা ভাঙ্গিয়া পড়িবার সম্ভাবনা থাকে। একটি শক্ত ইস্পাতের স্প্রিং ঢাকনীটিকে এই বিপদ হইতে রক্ষা করে। যখন বায়ুমণ্ডলের চাপ পরিবর্তিত হয় তখন ঢাকনীটি উপরে অথবা নীচে নড়াচড়া করে। ঢাকনীর এই সামান্য গতিকে (movement) একটি সম্মিলিত লিভার (combination of levers) যন্ত্র দ্বারা বহু গুণ বর্ধিত করা হয় এবং এই বর্ধিত গতি দ্বারা একটি সূচককে (pointer) একটি বৃত্তাকার স্কেলের উপর ঘুরানো হয়। এই স্কেলে (নক্শাতে দেখানো হয় নাই) বায়ুমণ্ডলের চাপ অনুযায়ী দাগ কাটা থাকে। কাজেই স্কেলে সূচকের অবস্থান হইতে সরাসরি বায়ুমণ্ডলের চাপ জানা যায়।



Aneroid ব্যারোমিটার
চিত্র 5চ

সমুদ্রস্তর হইতে যত উচ্চে উঠা যায় বায়ুচাপ তত কমিয়া যায়। সুতরাং বায়ুচাপ লক্ষ্য করিয়া উচ্চতা নির্ণয় করা সম্ভব। Aneroid ব্যারোমিটার দ্বারা এই উচ্চতা নির্ণয় করা হয়। তখন যন্ত্রটিকে বলা হয় **অল্টিমিটার** (altimeter)। বায়ুচাপ নির্দেশক স্কেল ছাড়া ইহাতে উচ্চতা নির্দেশক স্কেলও যুক্ত থাকে। এরোপ্লেন চালক এবং পর্বতারোহীগণ এই যন্ত্রের সাহায্যে উচ্চতা নির্ণয় করেন।

5-4. **বায়ুচাপের পরিমাণ** (Magnitude of atmospheric pressure) :

টরিসেলীর পরীক্ষা-ব্যবস্থা হইতে আমরা দেখিলাম যে পারদপূর্ণ নলটি একটি পারদপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া খাড়াভাবে ধরিয়া রাখিলে নলে যে পারদস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে প্রতি একক ক্ষেত্রে উহার ওজন বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান। যেহেতু বায়ুস্তম্ভের ওজন উহার দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক সেই হেতু বায়ুমণ্ডলের চাপকে সাধারণত পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, 'বায়ুমণ্ডলের চাপ 75 cm পারদস্তম্ভের সমান' বলিতে ইহাই বুঝায় যে প্রতি একক ক্ষেত্রে উক্ত দৈর্ঘ্যযুক্ত পারদস্তম্ভের যে ওজন হইবে তাহাই বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান।

(i) **সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে বায়ুচাপের মান :**

ধরা যাউক কোনও স্থানে কোন দিন ব্যারোমিটার উচ্চতা 76 cm দেখা গেল ; সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে তখনকার বায়ুচাপ নিম্নলিখিতভাবে নির্ণয় করা যাইবে :—

বায়ুমণ্ডলের চাপ, $P = 1$ sq. cm ভূমিবিশিষ্ট ও 76 cm. উচ্চতাযুক্ত পারদস্তম্ভের ওজন

$$= (h \times 1) \times \rho \times g$$

$$= 76 \times 1 \times \rho \times g$$

[ρ = পারদের ঘনত্ব = 13·6 gms/c.c]

$$= 76 \times 13{\cdot}6 \times 981 \text{ dynes/sq. cm.}$$

$$= 1{\cdot}013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}$$

(ii) **এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বায়ুচাপের মান :**

সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে ব্যারোমিটার উচ্চতা 76 cm হইলে এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে উহা প্রায় 30 inches-এর সমান হইবে। অতএব,

বায়ুমণ্ডলের চাপ

$P = 1$ sq. inch ভূমিবিশিষ্ট ও 30 inches উচ্চতা-যুক্ত পারদস্তম্ভের ওজন

$$= (h \times 1) \times \rho \times g$$

$$= 30 \times \frac{13{\cdot}6 \times 62{\cdot}5}{(12)^3} \times 32 \text{ poundals/sq. inch.}$$

$$= 14{\cdot}7 \times 32 \text{ poundals/sq. inch}$$

$$= 14{\cdot}7 \text{ lbs. wt/sq. inch.}$$

[ρ = পারদের ঘনত্ব $= \frac{13{\cdot}6 \times 62{\cdot}5}{(12)^3}$ lbs/cubic inch.]

5-5. বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ (Normal or standard atmospheric pressure) :

বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায়ই পরিবর্তিত হয়। চাপ বেশী হইতেছে কিংবা কম হইতেছে ইহা বিচার করিতে গেলে কোন নির্দিষ্ট চাপকে মান (standard) ধরিতে হইবে। এই মানকে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ বলা হয়। সমুদ্র-পৃষ্ঠে 45° অক্ষাংশে এবং 0°C তাপমাত্রায় 76 cm উচ্চ পারদস্তম্ভ যে চাপ প্রয়োগ করে তাহাকে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ ধরা হয়। 0°C তাপমাত্রায় পারদের ঘনত্ব 13·596 gms/cc. এবং 45° অক্ষাংশে সমুদ্র-পৃষ্ঠে $g = 980·6$ cm/sec² ধরিলে,

$$\text{বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ} = 76 \times 13·596 \times 980·6 \text{ dynes/sq. cm,}$$
$$= 1·013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}$$

মন্তব্য :—(1) আবহবিদগণ (meteorologists) বায়ুমণ্ডলের চাপকে 'bar' এবং 'millibar' এককে প্রকাশ করিয়া থাকেন।

$$1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dynes/sq. cm.} = 1 \text{ mega dyne/sq. cm.}$$

$$1 \text{ millibar} = \frac{10^6}{10^3} \text{ dynes/sq. cm} = 1000 \text{ dynes/sq. cm.}$$

একক অনুযায়ী বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপকে 1·013 bar বলা যাইতে পারে।

(2) গ্যাস বা তরলপদার্থ যদি খুব বেশী চাপ প্রয়োগ করে তবে উহাকে বায়ুমণ্ডলের চাপের সহিত তুলনা করিয়া ঐ চাপকে প্রকাশ করিবার অন্য একটি পদ্ধতি আছে। যেমন, কোন গ্যাস বা তরল পদার্থ যদি $1·013 \times 10^6$ dynes/sq. cm. অথবা 14·7 lbs.wt/sq. inch চাপ প্রয়োগ করে, তবে উহাকে **এক বায়ুমণ্ডল** (1 atmosphere) চাপ বলিয়া প্রকাশ করা হয়। তেমনি দুই, তিন বা চার ইত্যাদি বায়ুমণ্ডল চাপ—এইভাবে গ্যাস বা তরল পদার্থের চাপকে প্রকাশ করা হয়। সুতরাং

$$1 \text{ atmosphere} = 1·013 \times 10^6 \text{ dynes/sq. cm.}$$
$$= 14·7 \text{ lbs.wt/sq. inch.}$$

(3) ব্যারোমিটারে পারদের পরিবর্তে জল ব্যবহার করিলে বায়ুমণ্ডলের চাপের দরুন ব্যারোমিটার নলে যে জলস্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকিবে তাহার উচ্চতা অনেক বেশী হইবে। পারদের ঘনত্ব 13·6 gms/c. c. ধরিয়া লইলে অর্থাৎ জল অপেক্ষা পারদ 13·6 গুণ ভারী হইলে যখন পারদ ব্যারোমিটারের উচ্চতা 76 cm বা 30 inches তখন জল ব্যারোমিটারের উচ্চতা হইবে $30 \times 13·6$ inches $= \frac{30 \times 13·6}{12}$ ft $= 34$ ft.

সুতরাং আমরা বলিতে পারি বায়ুমণ্ডলের চাপ 34 ft. উচ্চ জলস্তম্ভকে খাড়াভাবে ধরিয়া রাখিবে বা বায়ুমণ্ডলের চাপ সুবিধা পাইলে জলকে 34 ft. খাড়া তুলিয়া দিবে। (5-11 অনুচ্ছেদে 'শোষণ পাম্প' দ্রষ্টব্য)

(4) আবার জলের পরিবর্তে ব্যারোমিটার নলে অন্য কোন তরল, যেমন গ্লিসারিন ব্যবহার করিলে সেক্ষেত্রে গ্লিসারিন স্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে তাহা আমরা অনায়াসে বাহির করিতে পারি।

জল-ব্যারোমিটারের উচ্চতা 34 ft. ধরিয়া লইলে, মনে করা যাক গ্লিসারিন-ব্যারোমিটারের উচ্চতা হইল h ft. ; এক্ষেত্রে 34 ft. উচ্চ জলস্তম্ভ যে চাপ দিতেছে তাহা h ft. উচ্চ গ্লিসারিন স্তম্ভের চাপের সমান।

এখন, 34 ft. উচ্চ জলস্তম্ভের চাপ = উচ্চতা × ঘনত্ব × g

$$= 34 \times 62^{\cdot}5 \times g$$

এবং h ft. উচ্চ গ্লিসারিন স্তম্ভের চাপ $= h \times 1^{\cdot}25 \times 62^{\cdot}5 \times g$

(গ্লিসারিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব $= 1^{\cdot}25$)

সুতরাং $h \times 1^{\cdot}25 \times 62^{\cdot}5 \times g = 34 \times 62^{\cdot}5 \times g$

$$h = \frac{34}{1^{\cdot}25} = 27^{\cdot}2 \text{ ft.}$$

5-6. আবহাওয়ার পূর্বাভাস, বায়ুচাপের উপর জলীয় বাষ্পের প্রভাব :

বায়ুচাপ নির্ণয় করা ছাড়া ব্যারোমিটারের সাহায্যে আবহাওয়ার মোটামুটি পূর্বাভাস পাওয়া সম্ভব। নানা প্রাকৃতিক কারণে কোন স্থানের বায়ুচাপ পরিবর্তিত হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে ব্যারোমিটারের পারদস্তম্ভের উচ্চতারও পরিবর্তন হয়।

যেমন পারদস্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে কমিতে থাকিলে বোঝা যায় যে শীঘ্রই বৃষ্টির সম্ভাবনা আছে। কারণ উচ্চতা কমার অর্থ বায়ুচাপ কমিয়া যাওয়া এবং তাহা একমাত্র সম্ভব যদি বায়ুমণ্ডলে জলীয়-বাষ্পের আধিক্য হয়। জলীয়-বাষ্প শুষ্ক বায়ু অপেক্ষা হাল্‌কা বলিয়া ঐরূপ হয়। বায়ুমণ্ডলে জলীয়-বাষ্পের আধিক্য হইলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে।

তেমনি হঠাৎ যদি পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্রুত কমিয়া যায় তবে বুঝিতে হইবে যে চতুর্দিকে বায়ুমণ্ডলের চাপ সহসা কমিয়া গিয়াছে। ফলে

পার্শ্ববর্তী উচ্চ-চাপের স্থান হইতে প্রবলবেগে বায়ু ঐদিকে প্রবাহিত হইবে। অর্থাৎ, ঝড়ের সম্ভাবনা আছে।

আবার যদি পারদস্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে বাড়িতে থাকে তবে বুঝিতে হইবে যে বায়ুমণ্ডল হইতে জলীয়-বাষ্পকে অপসারিত করিয়া শুষ্ক বায়ু সেই স্থান অধিকার করিতেছে। অর্থাৎ, আবহাওয়া শুষ্ক ও পরিষ্কার থাকিবে।

এইভাবে ব্যারোমিটার লক্ষ্য করিয়া আবহাওয়ার পূর্বাভাস সম্বন্ধে মোটামুটি ধারণা করা যায়।

যে কোন স্থানের বায়ু চাপ, বায়ুপ্রবাহের অভিমুখ, বায়ুতে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ—ইত্যাদি বায়ুমণ্ডলের নানাবিধ ঘটনা অনবরত পরিবর্তিত হয়। আবহাওয়া অফিসে বিবিধ যন্ত্রের সাহায্যে ইহাদের পাঠ লওয়া হয় এবং প্রাপ্ত রাশিগুলি একটি ছক কাগজে বিন্দু দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সমচাপ-সম্পন্ন সকল স্থানগুলি একটি নিরবচ্ছিন্ন রেখা দ্বারা সংযুক্ত করা হয়। এই ধরনের বিভিন্ন রেখা সম্বলিত ছক কাগজকে **আবহাওয়া মানচিত্র** (weather chart) বলে। সমচাপ-সম্পন্ন রেখাগুলি মানচিত্রে **সমচাপরেখা** (isobar) বলিয়া বর্ণিত থাকে। তেমনি নিম্নচাপের স্থানগুলিকে **ঘূর্ণবাত** (cyclone) অঞ্চল ও উচ্চ চাপের স্থানগুলিকে **প্রতীপ-ঘূর্ণবাত** (anti-cyclone) অঞ্চল বলা হয়। ঘূর্ণবাত বা প্রতীপ ঘূর্ণবাত কোন নির্দিষ্ট স্থানে অধিক সময় স্থায়ী হয় না এবং ইহারা যথাক্রমে দুর্যোগপূর্ণ ও সুন্দর আবহাওয়া ঘোষণা করে।

5-7. গ্যাসের চাপ এবং বয়েলের সূত্র (Pressure of a gas and Boyle's Law):

চাপ প্রদান করিয়া গ্যাসের আয়তন অতি সহজে পরিবর্তন করা যায়—অর্থাৎ, গ্যাসের সংনম্যতা (compressibility) কঠিন বা তরল পদার্থ হইতে অনেক বেশী। তাছাড়া, তরল পদার্থে বা বায়ুমণ্ডলে যেমন বিভিন্ন গভীরতায় চাপ বিভিন্ন হয়, আবদ্ধ গ্যাসে তাহা হয় না। আবদ্ধ গ্যাসের চাপ সর্বত্র সমান। উহা আধারের সর্বত্র সমান চাপ দেয়।

চাপের সহিত গ্যাসের আয়তনের সম্পর্ক সম্বন্ধে যে-সূত্র আছে তাহাকে **বয়েলের সূত্র** বলে। রবার্ট বয়েল এই সূত্র আবিষ্কার করেন। এই

সূত্রানুযায়ী বলা যায় যে **তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে** (inversely) **পরিবর্তিত হইবে।**

অর্থাৎ, কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যদি V হয় এবং ইহার চাপ যদি P হয় তবে উপরোক্ত সূত্রানুযায়ী

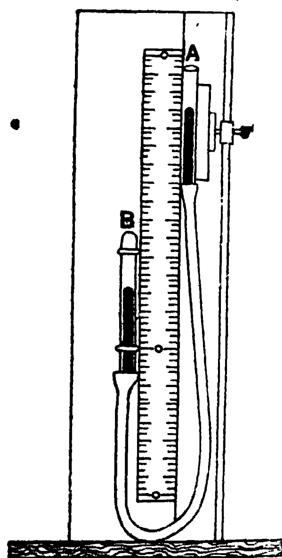
$$V \propto \frac{1}{P}$$ যদি গ্যাসের তাপমাত্রার পরিবর্তন না হয়।

অথবা, $VP =$ ধ্রুবক।

কাজেই কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যদি পরিবর্তিত হইয়া V_1 V_2, V_3 ইত্যাদি এবং উহাদের চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি হয়, তবে

$$V_1P_1 = V_2P_2 = V_3P_3$$ ইত্যাদি।

5-8. বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা (Experimental verification of Boyle's Law) :



বয়েলের সূত্র পরীক্ষার যন্ত্র

চিত্র 5ছ

বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করিতে 5ছ নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। A এবং B দুইটি কাচনল। B নলের উপরের মুখ বন্ধ। A নলের উভয় মুখ খোলা। উহারা কাঠের ফ্রেমের সঙ্গে একটি স্কেলের দুইপাশে আট্‌কানো। A কাচনলটি উপরে-নীচে সারানো যায়। উভয়কে একটি রবার নল দ্বারা সংযুক্ত করা আছে। A এবং B নলের কিয়দংশ এবং রবার নলটি পুরাপুরি পারদপূর্ণ। B কাচনলের পারদস্তম্ভের উপরে কিছু বায়ু আবদ্ধ। বায়ু একপ্রকার গ্যাস বলিয়া বায়ুদ্বারা বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করা হইবে। B কাচনলটি সমব্যাসযুক্ত হওয়ায় পারদস্তম্ভের উপরতল হইতে B নলের প্রান্ত পর্যন্ত দৈর্ঘ্য বায়ুর আয়তনের পরিমাপস্বরূপ ধরা যাইবে।

কার্যপ্রণালী ঃ

A নলটিকে এমন উচ্চতায় রাখ যে উভয় নলে পারদস্তম্ভ এক সমতলে থাকে। এই অবস্থায় B-নলে আবদ্ধ বায়ুর চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হইবে। স্কেল হইতে B-নলে আবদ্ধ বায়ু স্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। মনে কর, দৈর্ঘ্য l এবং চাপ H (ব্যারোমিটার হইতে প্রাপ্ত)।

এইবার আস্তে আস্তে A নলকে কিছু উপরে তোল। এই অবস্থায় A-নলের পারদস্তম্ভ B-নলের পারদস্তম্ভ হইতে উঁচুতে থাকিবে এবং B-নলের বায়ুর চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের বেশী হইবে। ধর, এই অবস্থায় পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ h_1 [চিত্র 5ছ (i)]। সুতরাং B-নলের বায়ুর চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ + h_1 পারদ স্তম্ভের চাপ $= H + h_1$. এখন B নলের আবদ্ধ বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ধর, ইহা l_1. এইরূপে A-নলের পারদ-স্তম্ভকে B-নলের পারদস্তম্ভ হইতে উচুতে রাখিয়া কয়েক-বার পাঠ লও। পরবর্তী পাঠগুলিতে যদি বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য ও চাপ যথাক্রমে l_2, l_3 এবং $(H+h_2)$, $(H+h_3)$ হয় তবে দেখা যাইবে যে,

চিত্র 5ছ (i)

$$Hl = (H+h_1)\, l_1 = (H+h_2)\, l_2 = \cdots \text{ইত্যাদি।}$$

ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা বেশী চাপে বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য।

এইবার প্রমাণ করিতে হইবে যে বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা কম চাপেও বয়েলের সূত্র প্রযোজ্য। এইজন্য A-নলকে নামাইয়া এমন জায়গায় রাখ যাহাতে A-নলের পারদস্তম্ভ B-নলের পারদস্তম্ভের নীচে থাকে। কোন এক অবস্থায়, ধর, পারদস্তম্ভের উচ্চতার পার্থক্য h'_1 হইল [চিত্র 5ছ (ii)]। সুতরাং B-নলে বায়ুচাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ $- h'_1$ পারদ-স্তম্ভের চাপ $= H - h'_1$. এখন B-নলের বায়ু-স্তম্ভের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর। ধর, এই দৈর্ঘ্য l'_1. এইরূপে A-নলের পারদ-স্তম্ভকে B-নলের পারদস্তম্ভ অপেক্ষা নীচুতে রাখিয়া কয়েকবার পাঠ লও। পরবর্তী পাঠগুলিতে যদি বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য ও চাপ যথাক্রমে l'_2, l'_3 এবং $(H-h'_2)$, $(H-h'_3)$ হয়, তবে দেখা যাইবে যে,

চিত্র 5ছ (ii)

$$Hl = (H-h'_1)\, l'_1 = (H-h'_2)\, l'_2 = \cdots \text{ইত্যাদি।}$$

মন্তব্য : প্রত্যেকবার বায়ুর আয়তন এবং চাপ নির্ণয় করিয়া উহাদের গুণফলকে ধ্রুবক দেখাইবার পরিবর্তে লেখচিত্রের (graph) সাহায্যেও বয়েলের সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করা যায়। বয়েলের সূত্র সত্য ধরিয়া লইলে আমরা জানি PV = ধ্রুবক, অর্থাৎ, আয়তন ও চাপের একটি লেখ-চিত্র আঁকিলে উহা উক্ত সমীকরণ অনুযায়ী 5ছ (iii) চিত্রের মতন একটি আয়তাকার পরাবৃত্ত (rectangular hyperbola) হওয়া উচিত। এখন পরীক্ষালব্ধ আয়তন ও চাপগুলি একটি ছক কাগজে (squared paper) ফেলিয়া লেখ আঁকিলে উহা যদি আয়তাকার পরাবৃত্ত হয় তবে বুঝিতে হইবে যে বয়েলের সূত্র সত্য। এই ধরনের লেখ-কে উক্ত গ্যাসের **সম-উষ্ণতা লেখ** (isothermal) বলা হয়।

চিত্র 5ছ (iii)
সম-উষ্ণতা লেখ

উদাহরণ :

(1) 0°C তাপমাত্রায় ও 10 বায়ুমণ্ডল চাপে 10 litres বায়ুর আয়তন বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে ও তাপমাত্রায় কত litre হইবে ?

[What will be the volume in litre of air at normal temperature and pressure it it occupies 10 litres at 0°C and 10 atmosphere pressure ?]

উ। স্বাভাবিক তাপমাত্রা 0°C হওয়াতে উভয়ক্ষেত্রে তাপমাত্রা একই থাকিতেছে। সুতরাং এস্থলে বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করা যাইবে।

আমরা জানি, $P_1V_1 = P_2V_2$

এক্ষেত্রে, $P_1 = 10$ atmospheres ; $V_1 = 10$ litres ;

$P_2 = 1$ atmosphere ; (বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপ) এবং $V_2 = ?$

কাজেই $10 \times 10 = 1 \times V_2$

$\therefore \quad V_2 = 100$ litres.

(2) 31·4 c. c. আয়তনযুক্ত একটি আবদ্ধ কাচপাত্র বায়ুপূর্ণ করা হইল। পরে ঐ বায়ুকে 5 cm দীর্ঘ ও 1 mm ব্যাসযুক্ত একটি সরু নলে ঢুকানো হইল।

ইহাতে বায়ু-চাপ দেখা গেল 4 cm পারদস্তম্ভের সমান। কাচপাত্রে থাকাকালীন বায়ুচাপ কত ছিল ?

[The air in a bulb of 31·4 c.c. capacity is compressed into a narrow tube 5 cm. long and 1 mm. diameter and the pressure of air in the narrow tube is found to be 4 cm. of mercury. What was the pressure of air in the bulb ?]

উ। মনে কর, কাচপাত্রে থাকাকালীন বায়ুচাপ = H cm পারদস্তম্ভের সমান।

এখন, সরু নলের আয়তন $= \pi r^2 \times l$

$$= 3{\cdot}14 \times ({\cdot}05)^2 \times 5 \text{ c.c.}$$

আমরা জানি $P_1V_1 = P_2V_2$

এক্ষেত্রে, $P_1 = H$; $V_1 = 31{\cdot}4$ c. c. ; $P_2 = 4$ cm. of mercury ; $V_2 = 3{\cdot}14 \times ({\cdot}05)^2 \times 5$ c. c.

কাজেই, $H \times 31{\cdot}4 = 3{\cdot}14 \times ({\cdot}05)^2 \times 5 \times 4$

$$\text{অথবা} \quad H = \frac{3{\cdot}14 \times ({\cdot}05)^2 \times 5 \times 4}{31{\cdot}4} = {\cdot}005 \text{ cm. of mercury.}$$

(3) একটি ভাল ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. ; 1 c.c. বায়ু ব্যারোমিটারের ভিতর ঢুকাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 70 cm. হয়। পারদস্তম্ভের উপরের অংশের আয়তন নির্ণয় কর (ব্যারোমিটার নলের প্রস্থচ্ছেদ 1 sq.cm.)।

[A good barometer reads 75 cm. On admitting 1 c.c. of air, the reading is 70 cm. Find the volume of the space above the mercury at the end. The cross-section of the barometer tube is 1 sq. cm.]

উ। মনে কর, বায়ু ঢুকাইবার পর পারদস্তম্ভের উপরের অংশের দৈর্ঘ্য হইল x cm.

সুতরাং, ঐ বায়ুর আয়তন $= x \times 1$ c.c.

এখন, এই বায়ু পারদস্তম্ভের উপর যে চাপ প্রয়োগ করিতেছে তাহা $(75-70) = 5$ cm. পারদস্তম্ভের সমান।

এই বায়ুর পূর্বের আয়তন ও চাপ যথাক্রমে 1 c.c. এবং 75 cm পারদস্তম্ভ ছিল। সুতরাং বয়েলের সূত্র হইতে লেখা যাইবে যে,

$$x \times 1 \times 5 = 75 \times 1$$

$$\text{or,} \quad x = 15 \text{ cm.}$$

সুতরাং পারদস্তম্ভের উপরের অংশের আয়তন $= 15 \times 1$ c.c. $= 15$ c.c.

(4) 1 sq. cm প্রস্থচ্ছেদ-যুক্ত একটি ব্যারোমিটার নলে একটি বায়ু বুদ্‌বুদ্‌ ঢুকানো হইলে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. হইতে কমিয়া 65 cm. হয়। বুদ্‌বুদ্‌টি ঢুকাইবার পূর্বে পারদস্তম্ভের উপরের শূন্যস্থানের দৈর্ঘ্য 6 cm. থাকিলে বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে ঐ বুদ্‌বুদ্‌টির আয়তন কত হইবে নির্ণয় কর।

[A bubble of air is introduced into the space above the mercury of a good barometer, 1 sq. cm. in cross-section, and the mercury column falls from 75 cm. to 65 cm. If the space before the introduction of air was 6 cm. long, calculate the volume which the introduced air will occupy at normal atmospheric pressure.] [*H.S. Exam. 1960*]

উ। পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য-হ্রাস $= 75 - 65 = 10$ cm.

সুতরাং বায়ু-অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য $= 10 + 6 = 16$ cm.

ঐ বায়ুর আয়তন $= 16 \times 1 = 16$ c.c

এবং „ „ চাপ $= (75 - 65) = 10$ cm. of mercury.

যদি মনে করা যায় বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে (76 cm. of Hg) নির্ণেয় আয়তন x c.c., তবে বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$x \times 76 = 16 \times 10$$

$$\therefore \quad x = \frac{16 \times 10}{76} = 2{\cdot}105 \text{ c.c.}$$

(5) কোন জলাশয়ের তলদেশ হইতে উপরতলে আসিতে একটি বুদ্‌বুদের আয়তন পাঁচগুণ বৃদ্ধি পাইল। ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 30 inches. হইলে জলাশয়ের গভীরতা কত? পারদের ঘনত্ব $= 13{\cdot}6$ gms/c.c.

[The volume of an air bubble increases five-fold in rising from the bottom of a lake to the surface. If the barometric height be 30 inches, find the depth of the lake. Density of mercury $= 13{\cdot}6$ gms/c c.]

উ। বায়ুমণ্ডলের চাপ জলস্তম্ভের দ্বারা প্রকাশ করিলে উহার উচ্চতা হইবে $= 30 \times 13{\cdot}6$ inches.

যদি জলাশয়ের গভীরতা h inches ধরা হয় তবে, উহার তলদেশে মোট চাপ $=$ বায়ুমণ্ডলের চাপ $+$ জলস্তম্ভের চাপ,

$= (30 \times 13{\cdot}6 + h)$ inches of water.

তলদেশে থাকাকালীন বুদ্‌বুদের আয়তন V ধরিলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী আমরা লিখিতে পারি,

$$(30 \times 13{\cdot}6 + h).V = 5V \times 30 \times 13{\cdot}6$$

$$\text{or,}\quad 408 + h = 2040$$

$$\therefore\quad h = 1632 \text{ inches}$$

$$= 136 \text{ ft.}$$

(6) একটি 6 ft. লম্বা একমুখী নলের অর্ধেক পারদপূর্ণ করা হইল। নলের খোলামুখ হাত দিয়া চাপিয়া নলটিকে উল্টাইয়া একটি পারদপূর্ণ পাত্রে খোলামুখ ঢুকাইয়া দেওয়া হইল। ব্যারোমিটারের উচ্চতা 30 inches হইলে খাড়া অবস্থায় ঐ নলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে ?

[A tube 6 ft. in length, closed at one end, is half-filled with mercury and is then inverted with its open end just dipping into a mercury trough. If the barometer stands at 30 inches, what will be the height of mercury inside the tube ?]

উ। নলের দৈর্ঘ্য = 6 ft = 72 inches ; ধর, নলের প্রস্থচ্ছেদ = α. সুতরাং নলের অর্ধেক পারদপূর্ণ করা হইলে বাকি অর্ধেকে যে বায়ু আছে তাহার আয়তন = $\frac{72}{2}\ \alpha = 36.\ \alpha$. এই বায়ুর চাপ = 30 inches.

এখন, নলটিকে উল্টাইলে, ধর, পারদস্তম্ভ 'h' উচ্চতায় থাকিল। সুতরাং বায়ু-অধিকৃত স্থানের দৈর্ঘ্য = $(72 - h)$ inches এবং ঐ বায়ুর আয়তন = $(72 - h)\ \alpha$. ঐ বায়ু যে চাপ প্রদান করে তাহা = $(30 - h)$ inches.

অতএব বয়েলের সূত্রানুসারে,

$$36.\ \alpha.\ 30 = (72 - h)\ \alpha.\ (30 - h)$$

$$\text{or,}\quad 36.\ 30 = (72 - h)(30 - h)$$

$$\text{or,}\quad h^2 - 102h + 1080 = 0$$

$$\text{or,}\quad (h - 90)(h - 12) = 0$$

$$\therefore\quad h = 90 \text{ inches অথবা } 12 \text{ inches.}$$

কিন্তু নলের মোট দৈর্ঘ্য 72 inches হওয়ায় $h = 90$ inches হওয়া সম্ভব নয়। সুতরাং নলের অভ্যন্তরস্থ পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য = 12 inches.

(7) দুই বিভিন্ন সময় যখন একটি ত্রুটিহীন ব্যারোমিটারের পাঠ $28\frac{1}{2}$ inches এবং 31 inches তখন একটি ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 28 inches এবং 30 inches ; যখন ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটার 29 inches পাঠ দিবে তখন যথার্থ পাঠ কি হইবে ?

[A faulty barometer reads 28 inches and 30 inches when a true barometer reads $28\frac{1}{2}$ inches and 31 inches respectively. Find the true reading when the faulty barometer stands at 29 inches.]

উ। যখন ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ 28 inches, তখন, মনে কর, পারদস্তম্ভের উপরকার বায়ুর দৈর্ঘ্য l inches ; অতএব উহার আয়তন $= l \times \alpha$

[α = নলের প্রস্থচ্ছেদ]

ঐ বায়ুর চাপ = ত্রুটিহীন ব্যারোমিটারের উচ্চতা − ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের উচ্চতা

$$= 28\tfrac{1}{2} - 28 = \tfrac{1}{2} \text{ inch.}$$

আবার যখন ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটার পাঠ 30 inches, তখন পারদস্তম্ভের উপরকার বায়ুর দৈর্ঘ্য $= l - (30 - 28) = (l - 2)$ inches এবং উহার চাপ $= 31 - 30 = 1$ inch. কাজেই বয়েলের সূত্রানুযায়ী,

$$\tfrac{1}{2}.l \times \alpha = 1 \times (l - 2)\alpha.$$

$$\therefore \quad l = 4 \text{ inches.}$$

সর্বশেষে যখন ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটার 29 inches পাঠ দিতেছে তখন বায়ুর দৈর্ঘ্য $= l - (29 - 28) = 4 - 1 = 3$ inches. তখনকার ব্যারোমিটার পাঠ যদি P inches হয়, তবে ঐ বায়ুর চাপ $= (P - 29)$ inches,

$$\therefore \quad \tfrac{1}{2}l \times \alpha = 3\alpha.\ (P - 29)$$

$$\text{or,} \quad \tfrac{1}{2} \times 4 = 3(P - 29)$$

$$\text{or,} \quad P = 29 + \tfrac{2}{3} = 29\tfrac{2}{3} \text{ inches.}$$

5-9. বায়ু-চাপ সংক্রান্ত যন্ত্র (Air pressure machines) :

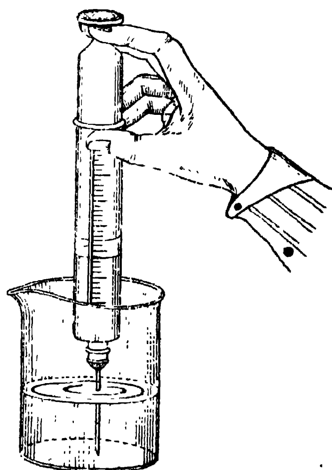
বায়ুমণ্ডলের চাপকে অবলম্বন করিয়া কতকগুলি যন্ত্র তৈয়ারী হইয়াছে। এই যন্ত্রগুলির সাধারণ নীতি হইতেছে নিম্নরূপ :

একটি বায়ু-নিরুদ্ধ পিস্টনের সাহায্যে কোন আবদ্ধ জায়গায় বায়ুর চাপ কমানো হয় এবং বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপের সাহায্যে কোন তরলকে

ঐ আবদ্ধ জায়গায় ঢুকানো হয়। তরল যাহাতে একদিকেই যাইতে পারে এইজন্য একপ্রকার ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়; তাহাকে valve বলে। এই valve তরলকে একদিকে যাইতে দেয় এবং বিপরীত দিক হইতে তরল আসিলেই valve বন্ধ হইয়া যায়। পিচ্‌কারী (syringe), বিভিন্ন ধরনের পাম্প ইত্যাদি যন্ত্র এই নীতিতেই তৈয়ারী।

5-10. পিচ্‌কারী (Syringe):

একটি কাচের চোঙের একমুখ সূচাল এবং অপরমুখ খোলা। চোঙের ভিতর দিয়া একটি বায়ুনিরুদ্ধ পিস্টন উপর-নীচে যাতায়াত করিতে পারে। ইহাই পিচ্‌কারী বা সিরিঞ্জ। সূচাল মুখ কোন তরলে ডুবাইয়া পিস্টনটি উপরে টানিলেই চোঙটি তরল দ্বারা পূর্ণ হইয়া যায় (5জ নং চিত্র)।



পিচ্‌কারী বা সিরিঞ্জ

চিত্র 5জ

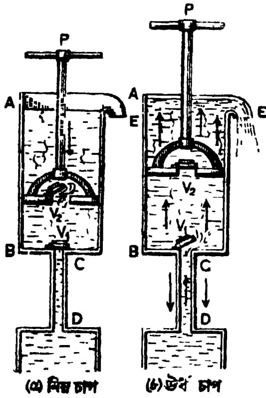
কার্যপ্রণালী: পিস্টনটি উপরের দিকে টানিলে পিস্টনের তলার বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি হয়। ফলে এই বায়ুর চাপ বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা অনেক কমিয়া যায়। পাত্রস্থ তরলের উপর বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে। এই বেশী চাপের ফলে তরল সূচাল মুখ দিয়া চোঙের ভিতর ঢুকিয়া পড়ে। যখন পিচ্‌কারী তরল হইতে বাহিরে আনা যায় তখন বায়ুমণ্ডলের ঊর্ধ্বচাপের ফলে তরল সূচাল মুখ হইতে পড়িয়া যায় না। আবার পিস্টনটি নীচু দিকে ঠেলিয়া দিলে, চোঙের তরলের চাপ বৃদ্ধি পায়। তখন তরল সূচালমুখ দিয়া বাহির হইয়া আসে।

চিকিৎসকেরা এই ধরনের পিচ্‌কারী দ্বারা ইন্‌জেক্‌সন্ দেন। তাছাড়া কলমে কালি ভরিবার ড্রপার, সরবত খাইবার সরু কাঠি প্রভৃতি একই নীতি অনুযায়ী কাজ করে।

5-11. শোষণ বা সাধারণ পাম্প (Suction or Common pump) :

ভূপৃষ্ঠের অভ্যন্তর হইতে জল তুলিবার জন্য টিউব-ওয়েলে এই পাম্প ব্যবহার করা হয়।

যন্ত্রের বিবরণ : AB একটি লোহার শক্ত চোঙ (5ঝ নং চিত্র)। চোঙটির তলায় অপেক্ষাকৃত সরু একটি নল CD লাগানো থাকে। যে-স্থান হইতে জল তুলিতে হইবে এই নলটি তাহার ভিতর ডুবানো থাকে। টিউবওয়েলে এই নল মাটির ভিতর জলের স্তর অবধি ঢুকানো থাকে। চোঙটির ভিতর একটি জল-নিরুদ্ধ (water-tight) পিস্টন P উঠা-নামা করিতে পারে। এই পিস্টনটির তলায় একটি গোলাকার চাকতি থাকে এবং ঐ চাকতির মধ্যস্থলে একটি ফুটা দিয়া জল উপরে আসিতে পারে। পিস্টনের দণ্ডের সাহায্যে চাকতিটিকে চোঙ বরাবর উঠা-নামা করানো যায়। চোঙটির প্রায় উপরের প্রান্তে একটি খোলা-মুখ E (spout) আছে যাহা হইতে জল বাহির হইয়া আসিতে পারে যন্ত্রে V_1 এবং V_2 দুইটি valve আছে। ইহারা উপরের দিকে খোলে অর্থাৎ জলকে নীচু হইতে উপরে যাইতে দেয় কিন্তু জল উপর হইতে নীচুতে আসিতে চেষ্টা করিলেই valve বন্ধ হইয়া যায়। V_1 ভাল্‌ভ CD নল ও AB চোঙের সংযোগস্থলে এবং V_2 ভাল্‌ভ পিস্টনের সহিত যুক্ত।



(a) নিম্ন চাপ (b) ঊর্ধ চাপ

সাধারণ পাম্পের কার্যপ্রণালী

চিত্র 5ঝ

কার্যপ্রণালী :

[5ঝ (a) ও (b) নং চিত্র হইতে ইহার কার্যপ্রণালী বুঝা যাইবে।

ধরা যাউক, যখন পাম্প ক্রিয়া আরম্ভ করিল তখন পিস্টনটি চোঙের সর্বনিম্ন স্থানে আছে এবং valve দুইটি বন্ধ। এখন পিস্টনকে উপরের দিকে তুলিলে পিস্টনের তলার বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি পাইবে এবং বায়ুর চাপ অনেক কমিয়া যাইবে। কিন্তু V_2 ভাল্‌ভের উপর নিম্নমুখী চাপ এবং V_1 ভাল্‌ভের

উপর ঊর্ধ্বমুখী চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান। কারণ পিস্টনের উপরে বা CD নলে সাধারণ বায়ু বর্তমান। ফলে V_2 ভাল্‌ভ বন্ধ হইয়া যাইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে কিছু জলও চোঙে পৌঁছাইবে। যতক্ষণ পর্যন্ত পিস্টন সর্বোচ্চস্থানে না যাইবে ততক্ষণ CD নল দিয়া বায়ু ও জলের এইরূপ ঊর্ধ্বগতি হয় এবং ইহারা চোঙের কিছু অংশ অধিকার করে।

এখন পিস্টনকে নীচু দিকে নামাইলে AB চোঙের বায়ু ক্রমাগত চাপ খাইবে এবং যখন ইহার চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের বেশী হইবে তখন V_2 ভাল্‌ভ খুলিয়া যাইবে এবং বায়ু খোলামুখ দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। খানিকটা জলও পিস্টনের উপর আসিতে পারে। যতক্ষণ পিস্টন নীচুদিকে নামিবে ততক্ষণ এইপ্রকার ক্রিয়া চলিবে এবং ততক্ষণ V_1 ভাল্‌ভ বন্ধ থাকিবে।

এইরূপ কয়েকবার পিস্টনকে উঠা-নামা করাইলে জল E-মুখ পর্যন্ত পৌঁছিবে। তারপর আর একবার পিস্টনকে উপরের দিকে উঠাইলে E-মুখ দিয়া জল বাহির হইয়া আসিবে এবং একবার বাহির হইলে পিস্টনের প্রত্যেক ঊর্ধ্বগতিতে জল E-মুখ দিয়া বাহির হইবে।

মনে রাখিবে যে পিস্টনের নিম্নগতিতে জল পিস্টনের উপর সঞ্চিত হয় এবং ঊর্ধ্বগতিতে ঐ জল E-মুখ দিয়া বাহির হইয়া আসে।

যন্ত্রের সীমা (Limitation of the pump) ঃ পাম্পের কার্যপ্রণালী হইতে বোঝা যায় যে চোঙে জল প্রবেশ করিবার জন্য দায়ী হইতেছে বায়ুমণ্ডলের চাপ। কিন্তু আমাদের জানা আছে যে বায়ুমণ্ডলের চাপ জলকে প্রায় 34 ফুট পর্যন্ত তুলিতে পারে। কাজেই জলাধারের জলতল হইতে চোঙ পর্যন্ত CD নলের উচ্চতা 34 ফুটের বেশী হইলে পাম্প দ্বারা জল তোলা যাইবে না। প্রকৃতপক্ষে এই নল 30 ফুটের বেশী লম্বা করা হয় না।

[**দ্রষ্টব্য** ঃ (1) টিউবওয়েলে অনেক সময় 34 ফুটের অনেক বেশী গভীর পর্যন্ত নল বসাইতে হয়। সেখানে মনে রাখিতে হইবে যে, মাটির ভিতরের জলস্তরের সহিত কাছাকাছি কোন পুকুর, নদী ইত্যাদির সংযোগ আছে। কাজেই ঐ স্তরের জল সমলেভেল প্রবণতার জন্য নল বাহিয়া পুকুরের জলের তল পর্যন্ত আপনা আপনিই উঠিবে। কাজেই এক্ষেত্রে দেখিতে হইবে যে মাটি হইতে চোঙ পর্যন্ত নলের উচ্চতা 34 ফুটের কম কি-না।]

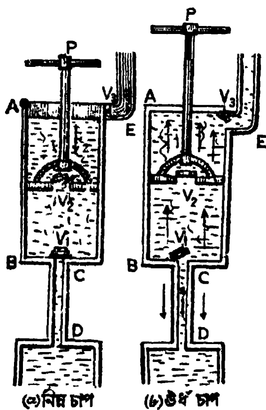
(2) পিস্টনের চাকতিটিকে চোঙের গা বরাবর বায়ুনিরুদ্ধভাবে চলাচল করাইবার জন্য চাকতির বেড়ে একটি চামড়ার পটি লাগানো থাকে। ইহাকে 'ওয়াশার' বলে।

চামড়ার 'ওয়াশার'টি চোঙের গায়ে বেশ আঁট হইয়া থাকে। কিন্তু কিছুদিন পাম্প ব্যবহার না করিলে চামড়া শুকাইয়া শক্ত হইয়া যায় এবং তখন 'ওয়াশার' আর তেমন আঁট থাকে না। এই অবস্থায় ঐ পাম্প দিয়া আর জল তোলা যায় না।

(3) আবার অনেক সময় দেখা যায় যে পাম্প ঠিকমত কাজ করিতেছে না কিন্তু উপর হইতে চোঙের ভিতর জল ঢালিয়া দিলে পাম্প কাজ করিতে শুরু করে। ইহার কারণ এই যে 'ওয়াশার'টি কোন কারণে পূর্ব হইতেই একটু আলগা ছিল। জল পাইয়া চামড়া ফুলিয়া উঠে এবং তাহাতে 'ওয়াশার' আবার আঁট হইয়া যায়। তখন পাম্প ঠিকমত কাজ করিতে পারে।]

5-12. উত্তোলক পাম্প (Lift Pump): কোন বাড়ীর দোতলা বা তিন তলায় অথবা কোন উঁচু জায়গাতে জল তুলিবার জন্য এই পাম্প ব্যবহৃত হয়।

পাম্পের বিবরণ: এই পাম্প পূর্ববর্ণিত সাধারণ পাম্প-এর মত। কেবল E-মুখটি নীচুদিকে না করিয়া উহার সঙ্গে যুক্ত একটি লম্বা ঊর্ধ্বমুখী নল যেখানে জল তুলিতে হইবে সেই পর্যন্ত পৌঁছাইয়া দেওয়া হয়। E-মুখে একটি valve V_3 আছে। ইহা বাহিরের দিকে খোলে অর্থাৎ জলকে AB চোঙ্ হইতে E নলে প্রবেশ করিতে দেয় কিন্তু উল্টা দিক হইতে জল আসিলেই V_3 বন্ধ হইয়া যায় (5ঞ নং চিত্র)।



উত্তোলক পাম্পের কার্যপ্রণালী

চিত্র 5ঞ

কার্যপ্রণালী:

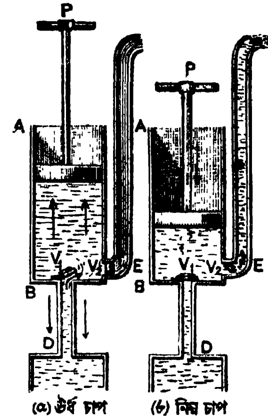
সাধারণ পাম্পের মত কয়েকবার পিস্টনকে উপর নীচ ওঠা-নামা করাইলে জলাধার হইতে জল চোঙে প্রবেশ করিয়া E মুখ পর্যন্ত আসিবে। পিস্টনের পরের বার ঊর্ধ্ব-গতিতে এই জল V_3কে খুলিয়া E-নলে প্রবেশ করিবে। যতবার পিস্টনের ঊর্ধ্বগতি হইবে ততবারই জল E-নলে প্রবেশ করিবে এবং নল বাহিয়া জল ক্রমশ উপরে উঠিবে। পিস্টনের নিম্নগতির সময় এই জল চোঙে ফিরিয়া আসিতে চেষ্টা করিবে কিন্তু জলের চাপে V_3 বন্ধ হইয়া যাওয়ায় জল চোঙে আসিতে পারিবে না।

এখানে লক্ষ্য করিবে যে E-নল বাহিয়া জল উপরে উঠিবার ব্যাপারে বায়ুমণ্ডলের চাপ কোন ক্রিয়া করিতেছে না। কাজেই E-কে ইচ্ছামত লম্বা করিয়া এবং V_3কে উচ্চ চাপসহ করিয়া জলকে যে-কোন উচ্চতায় পৌছানো যাইবে। শুধু পিস্টনকে জোরের সহিত উপরের দিকে টানিয়া লইতে হইবে। বৈদ্যুতিক উত্তোলক পাম্পে পিস্টনকে বিদ্যুৎশক্তির সাহায্যে উঠা-নামা করানো হয়।

5-13. ফোর্স-পাম্প (Force-Pump) :

আগুন নিভাইবার জন্য জোরে জল ছুঁড়িয়া দিতে এই শ্রেণীর পাম্প ব্যবহৃত হয়। গত যুদ্ধে যে স্টিরাপ পাম্প A. R. P. কার্যে ব্যবহৃত হইয়াছিল তাহা এই ফোর্স-পাম্প।

বিবরণ : সাধারণ পাম্পের সহিত এই পাম্পের পার্থক্য এই যে E মুখটি চোঙের প্রায় তলদেশে অবস্থিত এবং ঊর্ধ্বাভিমুখী। E-মুখে একটি valve V_2 লাগানো আছে যাহা জলকে কেবল চোঙ হইতে E নলে প্রবেশ করিতে দেয়। ফোর্স পাম্পের পিস্টনটি নিরেট (solid) এবং ইহাতে কোন ভাল্‌ভ (valve) নাই (5ট নং চিত্র)।



ফোর্স পাম্পের কার্যপ্রণালী
চিত্র 5ট

কার্যপ্রণালী :

যখন পিস্টনটির ঊর্ধ্বগতি হয় তখন V_1 খুলিয়া গিয়া জলাধার হইতে জল চোঙে প্রবেশ করে। তখন V_2 বন্ধ থাকে। কিন্তু পিস্টনের নিম্নাভিমুখী গতির সময় এই জল চাপ খাইয়া V_2কে খুলিয়া দেয় এবং E নল দিয়া জল বাহির হইয়া যায়। এই সময় V_1 বন্ধ থাকে। কাজেই পিস্টনকে যদি খুব জোরে নীচের দিকে ঠেলিয়া দেওয়া যায় তবে E মুখ দিয়া জলও খুব জোরে বাহির হইয়া অনেক দূর পর্যন্ত যাইবে।

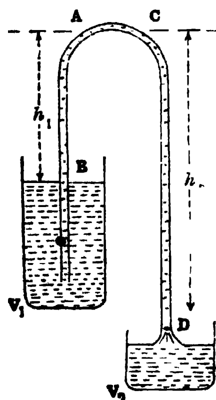
এখানে লক্ষ্য রাখিবে যে জলাধার হইতে চোঙে জল টানিয়া লইবার সময় এই পাম্প সাধারণ পাম্পেরই মত কাজ করে। সুতরাং সাধারণ পাম্পের

সীমা সর্ত (conditions of limitations) এখানেও প্রযোজ্য। কিন্তু যে জোরের সহিত এই জল বাহির হইবে তাহা পিস্টনের শক্তি ও পিস্টনের উপর প্রযুক্ত নিম্নাভিমুখী বলের উপর নির্ভর করে।

5.14. সাইফন (Siphon) ঃ

পাত্রকে সরাসরি না নড়াইয়া এক পাত্র হইতে অন্য পাত্রে তরলের স্থানান্তর বা তলানীযুক্ত তরল পদার্থ হইতে পরিষ্কার তরলকে স্থানান্তরিত করা ইত্যাদি কার্যে সাইফন ব্যবহৃত হয়।

বিবরণ ও কার্যপ্রণালী ঃ একটি U আকারের কাচ বা রবার নলকে সাইফন হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে। **সাইফনে এক বাহু অপর বাহু অপেক্ষা লম্বা হওয়া প্রয়োজন।** যে তরল স্থানান্তরিত করিতে হইবে প্রথমে নলটি সেই তরলদ্বারা পূর্ণ কর। নলের খোলা মুখ দুইটি আঙ্গুল দ্বারা বন্ধ করিয়া ছোট বাহু তরলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া দাও এবং বড় বাহু খালি পাত্রে রাখ। আঙুল সরাইয়া লইলে তরলপূর্ণ পাত্র হইতে তরল নল বাহিয়া ক্রমাগত খালি পাত্রে জমা হইবে (5ঠ নং চিত্র)।



সাইফনের কার্যপ্রণালী
চিত্র 5ঠ

কার্যপ্রণালীর ব্যাখ্যা ঃ

একই অনুভূমিক রেখায় তরলের ভিতর A এবং C দুইটি বিন্দু লও।

A বিন্দুতে চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ – AB তরল-স্তম্ভের চাপ

$$= P - h_1 d.g.$$

[P = বায়ুমণ্ডলের চাপ ; d = তরলের ঘনত্ব ; $h_1 = V_1$ পাত্রস্থ তরলতল হইতে A বিন্দুর উচ্চতা।]

এইভাবে C বিন্দুতে চাপ $= P - h_2 d.g.$

যেহেতু $h_1 < h_2$; $(P - h_1 d.g.) > (P - h_2 d.g.)$

অর্থাৎ A বিন্দুতে চাপ C বিন্দু অপেক্ষা বেশী। কাজেই সর্বদা তরল A বিন্দু হইতে C বিন্দুতে যাইবে এবং বড় বাহু বাহিয়া V_2 পাত্রে পড়িবে।

কিন্তু যেই A বিন্দু হইতে তরল সরিয়া গেল সঙ্গে সঙ্গে বায়ুমণ্ডলের চাপে V_1 পাত্র হইতে আরও তরল ছোট বাহু বাহিয়া A বিন্দুতে পৌছাইবে। এইভাবে ক্রমাগত তরল V_1 পাত্র হইতে নল বাহিয়া V_2 পাত্রে জমা হইবে।

সাইফন ক্রিয়ার শর্ত ঃ

(1) h_1 উচ্চতা সর্বদা h_2 উচ্চতার কম হইতে হইবে। কারণ $h_1=h_2$ হইলে A বিন্দুর চাপ = C বিন্দুর চাপ হইবে এবং কোন তরল A হইতে C বিন্দুতে যাইবে না এবং সাইফন-ক্রিয়া বন্ধ হইবে।

(2) বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে যে উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে পারে তাহা অপেক্ষা h_1 কম হওয়া প্রয়োজন। কারণ A বিন্দু পর্যন্ত তরলকে পৌছাইয়া দেয় বায়ুমণ্ডলের চাপ। জলের বেলাতে h_1-এর উচ্চতা 34 ফুটের কম হওয়া প্রয়োজন।

(3) বায়ুশূন্য স্থানে সাইফন-ক্রিয়া হয় না। কারণ বায়ুশূন্যস্থানে AB নলের তরল V_1 পাত্রে এবং CD নলের তরল V_2 পাত্রে পড়িয়া যাইবে এবং আর কোন তরল নল বাহিয়া উঠিবে না। সেই হেতু সাইফন-ক্রিয়াও বন্ধ হইয়া যাইবে।

উদাহরণ ঃ

1·02 আপেক্ষিক গুরুত্বসম্পন্ন একটি তরলকে সাইফন ক্রিয়ার সাহায্যে একটি বাধা অতিক্রম করাইয়া আনিতে হইবে। বাধার উচ্চতা সর্বাপেক্ষা কত বেশী করা যাইতে পারে যাহাতে সাইফন ক্রিয়া সম্ভ চালু থাকে? বায়ুমণ্ডলের চাপ = 30 inches পারদস্তম্ভ।

[It is required to siphon a liquid (sp. gr = 1·02) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible? Atmospheric pressure = 30 inches of mercury.]

উঃ। বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে যে-উচ্চতা পর্যন্ত তুলিতে পারিবে তাহাই হইবে বাধার সর্বাধিক উচ্চতা। বাধার উচ্চতা তদপেক্ষা বেশী হইলে

বায়ুমণ্ডলের চাপ তরলকে ঐ উচ্চতা পর্যন্ত পৌঁছাইয়া দিতে পারিবে না; কাজেই সাইফন ক্রিয়াও চালু থাকিবে না।

ধরা যাক নির্ণেয় উচ্চতা $= h$ inches ; এক্ষেত্রে h inches উচ্চ তরল-স্তম্ভের চাপ = বায়ুমণ্ডলের চাপ।

এখন, বায়ুমণ্ডলের চাপ $= 30 \times \frac{13{\cdot}6 \times 62{\cdot}5}{(12)^3} \times g$ poundals/sq. inch.

এবং তরলের চাপ $= h \times \frac{1{\cdot}02 \times 62{\cdot}5}{(12)^3} \times g$

$$\frac{1{\cdot}02 \times 62{\cdot}5}{(12)^3} \times g = 30 \times \frac{13{\cdot}6 \times 62{\cdot}5}{(12)^3};$$

$$\text{or} \quad h = \frac{30 \times 13{\cdot}6}{1{\cdot}02} \text{ inches.}$$

$$= \frac{30 \times 13{\cdot}6}{1{\cdot}02 \times 12} \text{ ft.} = 33{\cdot}3 \text{ ft. (প্রায়)}$$

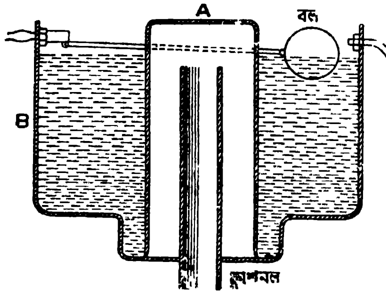
সুতরাং বাধার সর্বাধিক উচ্চতা $= 33{\cdot}3$ ft. (প্রায়)

সাইফনের প্রয়োগ ঃ

স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ (Automatic flush) ঃ কলিকাতা, বোম্বাই প্রভৃতি বড় বড় শহরে পায়খানা, প্রস্রাবাগার পরিষ্কার করিবার জন্য স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ ব্যবস্থা থাকে, তাহা তোমরা দেখিয়া থাকিবে। একটি শিকল টানিলে প্রবলবেগে জল বাহির হইয়া পায়খানা প্রভৃতি পরিষ্কার করে। এই স্বয়ংক্রিয় ব্যবস্থা সাইফনের প্রয়োগের ফলে সম্ভব হইয়াছে।

B একটি জলাধার [পর-পৃষ্ঠার 5ঠ (1) নং চিত্র]। ইহা পায়খানা বা প্রস্রাবাগারের ছাদের একটু নীচে দেওয়ালের সহিত আট্‌কানো থাকে। এই আধার হইতে একটি পাইপ বাহির হইয়া আসিয়াছে। ইহাকে ফ্লাশনল বলে। A একটি ঢাক্‌নী—একটি শিকল ইহার সহিত যুক্ত। এই শিকল টানিলে ঢাক্‌নীটি উঁচুতে উঠে। সাধারণ অবস্থায় ঢাক্‌নীটি জলাধারের জলকে ফ্লাশনলের মুখ পর্যন্ত উঠিতে দেয় না। যেই শিকল টানা হয় তখন ঢাক্‌নীটি উঁচুতে উঠে এবং জল দ্রুতবেগে ফ্লাশনলের মুখ পর্যন্ত উঠিয়া সাইফন-ক্রিয়ার ফলে

প্রবলবেগে নল বাহিয়া বাহির হইয়া আসে। যতক্ষণ পর্যন্ত না জলাধার জলশূন্য হয় ততক্ষণ জলের তোড়ে ঢাক্‌নীটি পড়িয়া যায় না। এই ট্যাঙ্কে একটি লিভারদণ্ডযুক্ত বল থাকে (চিত্র দেখ)। ট্যাঙ্কে যত জল জমা হইতে থাকে তত বলটি উপরে ভাসিয়া উঠে এবং লিভার-দণ্ডকে ক্রমশ ঘুরাইতে থাকে। লিভারদণ্ডের অপরপ্রান্তে একটি ভালভ্ থাকে। ট্যাঙ্কে জল একটি নির্দিষ্ট লেভেলে পৌছাইলে লিভারদণ্ড কর্তৃক ঐ ভাল্‌ভ্ বন্ধ হইয়া যায় এবং ট্যাঙ্কে আর জল পড়ে না। পুনরায় শিকল টানিয়া ফ্লাশনল দিয়া জল বাহির করিয়া দিলে বলটি নীচে পড়িয়া যাইবে এবং লিভারদণ্ড পূর্বোক্ত ভাল্‌ভকে খুলিয়া দিবে এবং ট্যাঙ্কে জল জমিতে শুরু হইবে। এইভাবে সমগ্র ব্যবস্থাটি স্বয়ংক্রিয় ভাবে চলিতে থাকে।



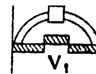
স্বয়ংক্রিয় ফ্লাশ

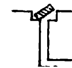
চিত্র 5ঠ (i)

5-15. বায়ু নিষ্কাশক পাম্প (The exhaust pump or the air pump):

বায়ুপূর্ণ কোন বদ্ধস্থানের বায়ুকে বাহির করিয়া লইবার জন্ম এই পাম্প ব্যবহৃত হয়। 1650 খ্রীষ্টাব্দে প্রুশীয় বিজ্ঞানী গেরিক এই পাম্পের উদ্ভাবন করেন।

বিবরণ: 5ড নং চিত্রে এই পাম্পের ছবি দেখানো হইল। AB একটি ধাতব চোঙ। ইহার মধ্য দিয়া একটি পিস্টন P বায়ুনিরুদ্ধভাবে উপরে বা নীচে যাতায়াত করিতে পারে। CD একটি গোল প্লেট। ইহাকে পাম্পের রেকাবী (disc) বলে। ইহার মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। AB চোঙের নীচের একটি ছিদ্রের সহিত রেকাবীর এই ছিদ্র একটি রবার নলদ্বারা যুক্ত। রেকাবীর উপর একটি


বায়ু নিষ্কাশক পাম্পের নক্‌শা

চিত্র 5ড

কাচ-পাত্র (R) রাখা আছে। ইহাকে পাম্পের Receiver বলে। এই পাত্রের অভ্যন্তরস্থ বায়ু পাম্প দ্বারা নিষ্কাশন করিতে হইবে। কাচপাত্র ও রেকাবীর জোড়ের মুখ ভেস্‌লীন দিয়া বায়ুনিরুদ্ধ করা হয়। AB চোঙের ছিদ্রের মুখে একটি ভাল্‌ভ V_2 এবং পিস্টনে একটি ভাল্‌ভ V_1 আছে। উভয় ভাল্‌ভই উপরের দিকে খুলিতে পারে অর্থাৎ, বায়ু উপরের দিকে যাইতে পারে কিন্তু উপর হইতে নীচে আসিতে পারে না।

কার্যপ্রণালী ঃ

যখন পিস্টনকে চোঙের সর্বনিম্ন অবস্থান হইতে আস্তে আস্তে টানিয়া উপরে তোলা হয়, তখন পিস্টনের নীচে আংশিক বায়ুশূন্য স্থান সৃষ্টি হয় এবং ঐ স্থানের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপ অপেক্ষা অনেক কম হইয়া পড়ে। ফলে R-পাত্রের বায়ু (যাহার চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান) V_2-ভাল্‌ভকে খুলিয়া AB চোঙে প্রবেশ করে। বায়ুর এইরূপ প্রবেশ চলিতে থাকিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না পিস্টন চোঙের সর্বোচ্চ স্থানে পৌছাইবে। এই সময় পর্যন্ত V_1 ভাল্‌ভ বন্ধ থাকিবে কারণ পিস্টনের উপরের বায়ু ঐ ভাল্‌ভের উপর বেশী নিম্নমুখী চাপ প্রয়োগ করিবে। সুতরাং পিস্টনের ঊর্ধ্বগতিতে R-পাত্রের বায়ু আয়তনে বৃদ্ধি পাইয়া সমস্ত চোঙ অধিকার করে।

যখন পিস্টনকে নীচুতে নাবানো হইবে তখন চোঙের বায়ু ক্রমশ চাপ খাইবে এবং যখন বায়ুর চাপ বৃদ্ধি পাইয়া বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়াইয়া যাইবে তখন V_1 ভাল্‌ভ খুলিয়া যাইবে এবং ছিদ্র দিয়া চোঙের বায়ু বাহির হইয়া যাইবে। V_2 ভাল্‌ভের উপর জোর নিম্নচাপ পড়ায় এই সময় V_2 ভাল্‌ভ বন্ধ হইয়া যাইবে। সুতরাং পিস্টনের নিম্নগতিতে AB চোঙে অবস্থিত বায়ু নিষ্কাশিত হইবে।

এইভাবে পিস্টনকে ক্রমাগত উপর-নীচু করিলে R-পাত্রের বায়ু ক্রমশ বাহির হইয়া যাইবে এবং অবশেষে উহা প্রায় বায়ুশূন্য হইবে।

এখানে একটা কথা মনে রাখিতে হইবে যে **এই পাম্প দ্বারা R-পাত্র সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য করা যায় না।** কারণ V_2 ভাল্‌ভের কিছু ওজন আছে। উহাকে ঠেলিয়া খুলিবার জন্য কিছু ন্যূনতম বলের প্রয়োজন। ক্রমশ বায়ু নিষ্কাশিত হইয়া অবশেষে সামান্য একটু বায়ু R-পাত্রে থাকিয়া যায় যাহা V_2 ভাল্‌ভকে খুলিবার জন্য ন্যূনতম বলপ্রয়োগ করিতে পারে না।

[**নিষ্কাশনের মাত্রা নির্ণয়** (Calculation of the degree of exhaustion) :

নিষ্কাশন পাম্পের পিস্টনটি ক্রমাগত চালাইলে R-পাত্রটি ধীরে ধীরে বায়ুশূন্য হইবে। পিস্টনের 'n' বার সম্পূর্ণ গতির (একবার ঊর্ধ্বগতি ও একবার নিম্নগতি—এই দুইটি লইয়া একটি সম্পূর্ণ গতি ধরা হয়) ফলে R-পাত্রে যে বায়ু থাকিবে উহার ঘনত্ব বা চাপের দ্বারা নিষ্কাশনের মাত্রা নির্ণীত হয়। এই ঘনত্ব বা চাপ নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

মনে কর, A হইতে B পর্যন্ত চোঙের আয়তন $= v$
R পাত্র এবং রবার নলের যুক্ত আয়তন $= V$
R পাত্রের বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব $= D$
" " " " চাপ $= P$

যখন পিস্টন চোঙের সর্বনিম্ন প্রান্ত হইতে সর্বোচ্চ প্রান্তে যায় তখন R-পাত্র ও রবার নলে যে V আয়তনের বায়ু আছে তাহা প্রসারিত হইয়া চোঙ অধিকার করে এবং উহার আয়তন হয় $(V+v)$। এই প্রসারণের ফলে বায়ুর ঘনত্ব ও চাপ কমিয়া যায়। যদি ঘনত্ব ও চাপ যথাক্রমে D_1 এবং P_1 হয়, তবে যেহেতু বায়ুর ভর একই আছে সেই হেতু লেখা যাইতে পারে,

$$VD = (V+v)\,D_1$$

$$\text{or,}\quad D_1 = \left(\frac{V}{V+v}\right)D \qquad \ldots\ldots(i)$$

আবার, বয়েলের সূত্রানুযায়ী আমরা লিখিতে পারি,

$$P.V = P_1(V+v)$$

$$\text{or,}\quad P_1 = \left(\frac{V}{V+v}\right)P \qquad \ldots\ldots(ii)$$

এখন পিস্টন B-প্রান্ত হইতে A-প্রান্তের দিকে আসিলে চোঙের বায়ু বাহির হইয়া যাইবে এবং P-পাত্র ও রবার নলে D_1 ঘনত্বের ও P_1 চাপের বায়ু থাকিয়া যাইবে। পিস্টনের পরবর্তী ঊর্ধ্বগতিতে এই বায়ুর পুনরায় প্রসারণ হইবে এবং $(V+v)$ আয়তন অধিকার করিবে। ফলে ইহার ঘনত্ব ও চাপ আরও কমিয়া যাইবে। যদি উহারা যথাক্রমে D_2 এবং P_2 হয়, তবে পূর্বের ন্যায় লেখা যাইবে যে

$$VD_1 = (V+v)D_2$$

$$\text{or,}\quad D_2 = \left(\frac{V}{V+v}\right)D_1 = \left(\frac{V}{V+v}\right)^2.D \quad \text{[(i) সমীকরণ হইতে]}$$

$$\text{এবং}\quad P_1V = P_2(V+v)$$

$$\text{or,}\quad P_2 = \left(\frac{V}{V+v}\right)P_1 = \left(\frac{V}{V+v}\right)^2.P \quad \text{[(ii) সমীকরণ হইতে]}$$

এইভাবে পিস্টনের 'n' বার সম্পূর্ণ গতির পর যে বায়ু R-পাত্রে থাকিয়া যাইবে উহার ঘনত্ব এবং চাপ যথাক্রমে D_n এবং P_n হইলে

$$D_n = \left(\frac{V}{V+v}\right)^n . D$$

$$\text{এবং } P_n = \left(\frac{V}{V+v}\right)^n . P$$

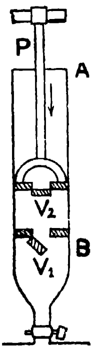
উপরোক্ত সমীকরণ দুইটি হইতে সহজে বোঝা যায় যে $\left(\frac{V}{V+v}\right)$-এর মান কখনও শূন্য (zero) হইতে পারে না—অর্থাৎ D_n বা P_n-এর মান কখনও শূন্য হইবে না। ইহার অর্থ এই যে পিস্টনকে অসংখ্য বার উঠা-নামা করাইলেও R-পাত্র কখনও সম্পূর্ণ বায়ুশূন্য হইবে না।]

5-16. বায়ু-সংনমন পাম্প (Air condensing or compression pump) **:**

এই পাম্প দ্বারা কোন আবদ্ধ স্থান বায়ুপূর্ণ করা যায়। সুতরাং এই পাম্পের উদ্দেশ্য এবং নিষ্কাশক পাম্পের উদ্দেশ্য ঠিক বিপরীত।

বিবরণ : এই পাম্পের গঠন ঠিক নিষ্কাশক পাম্পেরই মত, শুধু ভাল্‌ভ্‌ দুইটি বিপরীত দিকে খোলে অর্থাৎ বায়ুকে receiver পাত্রে যাইতে দেয় কিন্তু receiver পাত্র হইতে বাহির হইয়া যাইতে দেয় না।

কার্যপ্রণালী : 5চ নং চিত্রে এই পাম্পের নক্‌শা দেখানো হইল। যখন P পিস্টনটি B হইতে A অভিমুখে যায় তখন V_2 ভাল্‌ভ খুলিয়া যায়, কারণ, চোঙের বায়ুচাপ অপেক্ষা বায়ুমণ্ডলের চাপ অধিক। ফলে বাহির হইতে বায়ু পিস্টনের ছিদ্র দিয়া চোঙে প্রবেশ করে এবং AB চোঙ বায়ুপূর্ণ হয়। এই সময় পর্যন্ত V_1 ভাল্‌ভ বন্ধ থাকে। এইবার P পিস্টনকে নীচের দিকে চালাইলে চোঙের বায়ু সংনমিত হয় এবং ইহার চাপ বৃদ্ধি পায় ; ফলে V_2 ভাল্‌ভ বন্ধ হইয়া যায় এবং V_1 ভাল্‌ভ খুলিয়া যায়। বায়ু খোলাপথে R-পাত্রে প্রবেশ করে (5চ নং চিত্র)। R-পাত্রটিকে একটি রবার নলের দ্বারা পাম্পের সহিত যুক্ত করা হয়।



বায়ু সংনমন পাম্পের নক্‌শা
চিত্র 5চ

এইরূপ পিস্টনকে ক্রমাগত উপর-নীচু করিলে R-পাত্র ধীরে ধীরে বায়ুপূর্ণ হইবে। যখন R-পাত্র প্রয়োজনমত বায়ুপূর্ণ হয় তখন একটি চাবির সাহায্যে উহার মুখ বন্ধ করিয়া উহাকে পাম্প হইতে বিচ্ছিন্ন করা যায়।

সাইকেলের চাকায় হাওয়া ভর্তি করিবার পাম্প, ফুটবল পাম্প, স্টোভের পাম্প ইত্যাদি বায়ু-সংনমন পাম্পের দৃষ্টান্ত।

[**সংনমনের মাত্রা নির্ণয়** (Calculation of the degree of compression) :

এস্থলেও পিস্টনের 'n' বার সম্পূর্ণ গতির ফলে R-পাত্রে যে বায়ু জমা হয় উহার ঘনত্ব বা চাপের দ্বারা সংনমনের মাত্রা নির্ণীত হয়। ইহা নিম্নলিখিতরূপে নির্ণয় করা যায়। পূর্বের মত মনে কর,

A হইতে B পর্যন্ত চোঙের আয়তন $= v$

R পাত্র এবং রবার নলের যুক্ত " $= V$

R পাত্রে বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব $= D$

" " " " চাপ $= P$

R-পাত্রে বায়ুর প্রাথমিক ঘনত্ব ও চাপ বায়ুমণ্ডলের ঘনত্ব ও চাপের সমান ধরা যাইতে পারে, কারণ R-পাত্র সাধারণ অবস্থায় বায়ুমণ্ডল দ্বারা অধিকৃত থাকে। এখন পিস্টন চোঙের সর্বনিম্ন প্রান্ত হইতে সর্বোচ্চ প্রান্তে গেলে বাহির হইতে বায়ু চোঙ অধিকার করে। ইহার আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে v এবং D; সুতরাং ইহার ভর $= v.D$. পিস্টনের নিম্নগতির ফলে এই বায়ু R-পাত্রে ঢুকিয়া পড়িবে এবং উহার আয়তন হইবে V; R-পাত্রের প্রাথমিক বায়ুর ভর $= V.D$. সুতরাং পিস্টনের একবার পূর্ণ গতির পর R-পাত্রে জমা বায়ুর ভর $= vD + VD$.

সুতরাং পিস্টনের 'n' বার পূর্ণগতির পর R-পাত্রে যে বায়ু জমা হইবে উহার মোট ভর $= n.v.D + V.D$; কিন্তু ইহার আয়তন V; কাজেই এই অবস্থায় বায়ুর ঘনত্ব D_n ধরিলে, লেখা যাইতে পারে যে

$$D_n.V = n.v.D + V.D$$

$$= (nv + V)\ D$$

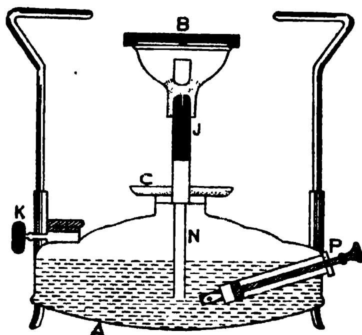
$$\therefore\ D_n = \left(\frac{nv + V}{V}\right) D$$

$$= \left(1 + n.\ \frac{v}{V}\right).D$$

যেহেতু চাপ ও ঘনত্ব সমানুপাতিক কাজেই R-পাত্রের বায়ুর চূড়ান্ত (final) চাপ P_n হইলে আমরা সরাসরি লিখিতে পারি

$$P_n = \left(1 + n\frac{v}{V}\right) P$$]

5-17. প্রাইমাস স্টোভ স্টোভ একটি নিত্য-ব্যবহার্য বস্তু। প্রায় প্রত্যেক বাড়ীতেই স্টোভ ব্যবহৃত হয়। স্টোভের কার্যপ্রণালীতে বায়ুসংনমন পাম্পের প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়।



প্রাইমাস স্টোভ
চিত্র 5ণ

স্টোভে কেরোসিন তেলের বাষ্পকে জ্বালানো হয়। A একটি তৈলাধার (5ণ নং চিত্র)। এই আধারে পুরাপুরি তেল ভরতি করা হয় না—উপরে খানিকটা জায়গা খালি রাখা হয়। একটি বায়ু-সংনমন পাম্প P এই তৈলাধারের সহিত যুক্ত। K একটি বায়ুনিরুদ্ধ চাবি। এই চাবি বন্ধ করিয়া দিলে আধারের ভিতরকার বায়ু আবদ্ধ থাকে। এই অবস্থায় পাম্প চালাইলে বর্ধিত বায়ু-চাপের ফলে তেল N-নল বাহিয়া উপরে উঠে এবং একটি সরুমুখ নল J-র নিকট উপস্থিত হয়। এই নলের ভিতর একটি তারের জাল পাকানো (coiled) অবস্থায় রাখা থাকে। তেল এইখানে পৌছিবার পূর্বে যদি তারের জালকে উত্তপ্ত করিয়া রাখা হয় তাহা হইলে তেল উত্তপ্ত তারের জালের ভিতর দিয়া যাইবার সময় বাষ্পে পরিণত হয়। এইজন্য পাম্প চালাইবার পূর্বে C পাত্রে রাখা খানিকটা স্পিরিটে অগ্নিসংযোগ করিয়া তারের জালকে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত বাষ্প অতঃপর একটি বার্নার B-এ পৌছিয়া জ্বলিতে থাকে। স্টোভ নিভাইতে হইলে K-চাবিটি খুলিয়া দিতে হয়। ইহাতে তৈলাধারের ভিতরস্থ বায়ুর চাপ কমিয়া যায় এবং N-নল বাহিয়া তেল আর উপরে উঠে না। স্টোভ আস্তে আস্তে নিভিয়া যায়।

সারাংশ

বায়ুমণ্ডলের চাপ :—পৃথিবীকে ঘিরিয়া যে বায়ুমণ্ডল আছে তাহা পৃথিবীর উপর যে চাপ প্রদান করে তাহাকে বায়ুমণ্ডলের চাপ বলে। প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে এই চাপের পরিমাণ প্রায় 14·7 পাউণ্ড। ম্যাগডেবার্গ অর্ধগোলক পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপ সুন্দরভাবে দেখানো যায়।

টরিসেলির পরীক্ষা :—এই পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপের পরিমাপ করা যায়। একটি এক মিটার লম্বা, এক মুখ বন্ধ কাচের নল পারদপূর্ণ করিয়া অপর একটি

পারদপাত্রে উপুড় করিয়া নলের খোলা মুখ পারদে ডুবাইয়া রাখিলে নলে যে পারদ স্তম্ভ দাঁড়াইয়া থাকে তাহা বায়ুমণ্ডলের চাপের দরুন। সমুদ্র-স্তরে শূন্য ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেডে এই পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা 76 সেণ্টিমিটার।

ব্যারোমিটার :—বায়ুচাপমাপক যন্ত্রকে ব্যারোমিটার বলে। Fortin's ব্যারোমিটার দ্বারা সাধারণত পরীক্ষাগারে বায়ুচাপ মাপা হয়। টরিসেলির পরীক্ষায় যে ব্যবস্থা করা হয় তাহারই কিছু পরিবর্ধন করিলে Fortin's ব্যারোমিটার তৈয়ারী হয়। ব্যারোমিটার পাঠ দ্বারা আবহাওয়ার পূর্বাভাস মোটামুটি জানা যায়। ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্রুত কমিলে ঝড়ের সম্ভাবনা ও আস্তে আস্তে কমিলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে। পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা ধীরে ধীরে বাড়িলে শুষ্ক আবহাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

বয়েলের সূত্র :—তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

বায়ুচাপ সংক্রান্ত যন্ত্র :—এই যন্ত্রগুলির নীতি এক : কোন একটি আবদ্ধ স্থানে বায়ুর চাপ কমাইয়া বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপ দ্বারা সেই স্থানে তরল ঢুকাইয়া দেওয়াই হইতেছে এই যন্ত্রগুলির মোটামুটি নীতি।

(1) পিচ্‌কারী, (2) সাধারণ বা শোষণ পাম্প, (3) উত্তোলক পাম্প (4) ফোর্স পাম্প, (5) সাইফন, (6) বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প, (7) বায়ু-সংনমন পাম্প—এইগুলিই বায়ুচাপ সংক্রান্ত যন্ত্র।

প্রশ্নাবলী

1. বায়ুমণ্ডলের চাপ আছে—তাহা পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[Prove by means of experiments that atmosphere exerts pressure.]

2. টরিসেলির পরীক্ষা বর্ণনা কর। এই পরীক্ষা দ্বারা বায়ুমণ্ডলের চাপ কিরূপে মাপা যায় ?

[Describe Torricelli's experiment. How can the atmospheric pressure be measured by this experiment ?]

3. টরিসেলির শূন্যস্থান কাহাকে বলে ? ইহা কি সত্য সত্যই শূন্য ?

নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কি ঘটিবে তাহা কারণসহ বর্ণনা কর :—(a) একটি 50 inches দীর্ঘ একমুখ বন্ধ কাচ-নল পারদপূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্রে খোলামুখ ঢুকাইয়া খাড়া করিয়া রাখিলে, (b) নলটি আস্তে আস্তে কাত করিলে, (c) ঐ নলটির বদলে একটি মোটা নল লইলে।

[What is Torricelli's vacuum ? Is it, strictly speaking, a vacuum ?

State giving reasons, what happens in the following cases :—(a) A glass tube 50 inches long, closed at one end, is entirely filled with mercury and

inverted vertically over a trough of mercury, (b) the tube is inclined to the vertical, (c) the tube is replaced by another tube with a wider bore.] [*H. S. Exam. 1961*]

4. 'বায়ুমণ্ডল প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে প্রায় 15 পাউণ্ড চাপ প্রদান করে'—এই বাক্যটি যথাযোগ্য ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও।

['Atmosphere exerts a pressure of about 15 lbs. per square inch'—explain the statement carefully.]

5. ব্যারোমিটার কাহাকে বলে? Fortin's ব্যারোমিটারের বর্ণনা ও কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। জল ব্যারোমিটারের উচ্চতা 32 ft. হইলে গ্লিসারিন ব্যারোমিটারের উচ্চতা কত হইবে? গ্লিসারিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব = 1·25

[What is a barometer? Describe a Fortin's barometer and explain its action. Calculate the height of the glycerine barometer when that of the water barometer is 32 ft. (Sp. gravity of glycerine = 1·25)]

[*H. S. Exam. 1962*] [Ans. 25·6 ft.]

6. Aneroid ব্যারোমিটার বর্ণনা কর। ইহার সুবিধা কি? ইহার দ্বারা উচ্চতা মাপা যায় কি?

[Describe an Aneroid barometer. What is its advantage? Can it be used to ascertain altitude?]

•7. কোনও স্থানে বায়ুমণ্ডলের চাপ 760 mm. পারদস্তম্ভের সমান—ইহা বলিতে কি বুঝায়? এই চাপের পরিমাণ সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে নির্ণয় কর। ঐ স্থানে $g = 980$ সি. জি. এস্. একক এবং পারদের ঘনত্ব = 13·6 gms./c.c.

[Explain the meaning of the statement that the atmospheric pressure at a place is 760 mm. of mercury. Calculate its value in the C. G. S. units at a place where $g = 980$ C. G. S. units, the density of mercury being 13·6 gms./c.c.] [*H. S. Exam. 1961*].

8. ব্যারোমিটারের সাহায্যে আবহাওয়ার পূর্বাভাস কিরূপে জানা যায়?

[How can weather-forecasting be done by a barometer?]

9. বয়েলের সূত্র কি? ইহার সত্যতা কিরূপে নিরূপণ করা যায়?

[What is Boyle's law? How can the law be verified experimentally?]

[*H. S. (comp.) 1960*]

10. যখন ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 75 cm. তখন কিছু পরিমাণ বায়ুর আয়তন 250 c.c.; পরের দিন ঐ বায়ুর আয়তন 260 c.c. হইলে ব্যারোমিটারের উচ্চতা কত হইবে?

[A quantity of air is found to occupy 250 c.c. when the barometer stands at 75 cm. On the next day, the volume of the air changes to 260 c.c. What was the barometric height then?] [Ans. 72·11 cm.]

11. একটি মোটরগাড়ীর টায়ার 100 cm. দীর্ঘ ও 10 cm. ব্যাসযুক্ত। বায়ুমণ্ডলের চাপে কত আয়তনের বায়ুকে ঐ টায়ারে প্রবেশ করাইলে টায়ারের বায়ুচাপ 10 বায়ুমণ্ডলের সমান হইবে ?

[The tyre of a motor-car is 100 cms. in length and 10 cms. in diameter. What volume of air measured at atmospheric pressure must be pumped in to raise the pressure of the tyre to 10 atmospheres ? [Ans. 78500 c.c.]

12. একটি ব্যারোমিটারের উচ্চতা 30 inches এবং পারদস্তম্ভের উপরে টরিসেলীয় শূন্যস্থানের দৈর্ঘ্য 1 inch ; বায়ুমণ্ডলের চাপে যে পরিমাণ বায়ু ব্যারোমিটার নলের 1 inch অধিকার করে ঐ পরিমাণ বায়ু ব্যারোমিটারে ঢুকাইলে পারদস্তম্ভের উচ্চতা কত হইবে ?

[A barometer reads 30 inches and the space above the mercury is 1 inch. If a quantity of air which under atmospheric pressure occupies 1 inch of the tube is introduced ; what will be the reading of the barometer ?]

[Ans. 25 inches]

13. একটি ব্যারোমিটারের উচ্চতা 75 cm. এবং পারদস্তম্ভের উপরে শূন্যস্থানের আয়তন 10 c. c. ; বায়ুমণ্ডলের চাপে 1 c.c. বায়ু ব্যারোমিটারে ঢুকানো হইলে ব্যারোমিটারের উচ্চতা কত হইবে ? ব্যারোমিটার নলের প্রস্থচ্ছেদ 1 sq. cm.

[The height of a barometer is 75 cms. of mercury and the evacuated space over mercury surface has a volume of 10 c.c. ; 1 c.c. of air at atmospheric pressure is introduced into the evacuated space. What is the new reading of the barometer ? Cross-section of the tube is 1 sq. cm.]

[Ans. 70 cms.]

14. একটি সর্বত্র সমব্যাসযুক্ত একমুখ খোলা কাচ-নলের অর্ধেক পারদ দ্বারা ভর্তি করা হইল। অতঃপর নলের খোলামুখ বন্ধ করিয়া উল্টানো হইল এবং পারদপূর্ণ অপর একটি পাত্রে নলের খোলামুখ ঢুকাইয়া খাড়া করিয়া রাখা হইল। নলে পারদস্তম্ভের দৈর্ঘ্য দেখা গেল 1 ফুট ; ঐ সময়ে ব্যারোমিটারের উচ্চতা 30 ইঞ্চি হইলে কাচ-নলের দৈর্ঘ্য কত ছিল ?

[A uniform glass tube, one end closed, is half-filled with mercury and the open end being closed by a thumb is inverted and the open end is dipped into mercury kept in a reservoir. When the tube is held vertically, the height of the mercury column in the tube was found to be 1 foot. If the barometer height at that time is 30 inches, what was the length of the glass tube ? [Ans. 6 ft.]

15. জলাশয়ের কত গভীরে একটি বুদ্বুদের আয়তন উপরতলে থাকাকালীন আয়তন অপেক্ষা অর্ধেক হইবে ? ঐ সময়ে ব্যারোমিটারে পারদস্তম্ভের উচ্চতা 76 cm এবং পারদের ঘনত্ব 13·6 gms./c.c.

[At what depth in a lake will a buble of air have one-half the volume it will have on reaching the surface ? The height of the barometer at the time is 76 cm. of mercury and density of mercury 13·6 gms/c.c.

[Ans. 1033·6 cms.]

16. সমুদ্রের h metres গভীরতা হইতে উপরতলে আসিতে একটি বুদ্‌বুদের আয়তন দ্বিগুণ হইল। ঐ সময়ে ব্যারোমিটারের উচ্চতা 750 mm. এবং পারদের ও সমুদ্রের জলের ঘনত্ব যথাক্রমে 13·58 এবং 1·05 gms/c.c. হইলে h-এর মান নির্ণয় কর।

[The volume of a bubble of air is doubled in rising from a depth of h metres in a sea to the surface. If the barometric height be 750 mm. and the densities of mercury and sea-water are respectively 13·58 and 1·05 gms/c.c., calculate h.] [*H. S. Exam. '61*] (Ans. 9·7 metres)

17. একটি ত্রুটিপূর্ণ ব্যারোমিটারের পাঠ যখন 28·5 inches এবং 29·5 inches তখন একটি ত্রুটিহীন ব্যারোমিটারের পাঠ যথাক্রমে 29·5 inches এবং 30·7 inches; যখন ত্রুটিযুক্ত ব্যারোমিটারের পাঠ 29·9 inches তখন বায়ুমণ্ডলের প্রকৃত চাপ কত?

[A faulty barometer reads 28·5 inches when a true barometer reads 29·5 inches and it reads 29·5 inches when the other barometer reads 30·7 inches. Determine the correct value of the atmospheric pressure when the faulty barometer reads 29·9 inches.] [Ans. 31·2 inches]

18. একটি সমব্যাসযুক্ত সরু কাচনলে 30 cm. দীর্ঘ একটি পারদ সূত্র দ্বারা কিছু বায়ু আবদ্ধ আছে। যখন খোলা মুখ উপরের দিকে রাখিয়া নলটিকে খাড়া রাখা যায় তখন বায়ু-স্তম্ভের দৈর্ঘ্য হয় 3 cm. এবং নলটিকে উল্টাইয়া ধরিলে বায়ুস্তম্ভের দৈর্ঘ্য হয় 7 cm. ; যখন নলটিকে অনুভূমিক রাখা হয় তখন উহার দৈর্ঘ্য কত হইবে?

[A column of air is enclosed in a narrow glass tube of uniform bore by a thread of mercury 30 cm. long. The air column is 3 cm. long when the tube is held vertically with its open end uppermost. On inverting the tube, the air column measures 7 cm. Find the length of the air column when the tube is kept horizontal.] [Ans. 4·2 cm.]

19. শোষণ পাম্প বর্ণনা কর। এই পাম্প দ্বারা 30 ফুটে উর্ধ্বে জল তোলা যায় না—ইহার কারণ বুঝাইয়া বল।

[Describe a suction pump. Explain the reason why this pump cannot draw water to a height more than 30 ft.]

20. উত্তোলক পাম্পের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। ইহার বিভিন্ন অংশ ছবি আঁকিয়া বুঝাও। এই পাম্প দ্বারা কত উঁচু পর্যন্ত জল তোলা যায়?

[Explain the action of a lift pump. Draw a labelled diagram of the pump. Is there any limit to which water can by raised by a lift pump?]

21. ফোর্স পাম্পের কার্য কি? ইহার সহিত শোষণ পাম্পের তফাৎ কোথায়?

[What is the function of a force pump? What is its difference with a suction pump?]

22. সাইফন কি? ইহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। সাইফন-ক্রিয়ার শর্ত কি?

[What is a siphon? Explain its action. What are the conditions of its working?] [*H. S. (Comp.) 1960*]

23. কেরোসিন তেলকে (আ: গু:=0·8) সাইফন ক্রিয়ার সাহায্যে একটি বাধা অতিক্রম করাইয়া আনিতে হইবে। বাধার উচ্চতা সর্বাপেক্ষা কত বেশী করা যাইতে পারে যাহাতে সাইফন ক্রিয়া সদ্য চালু থাকে ? বায়ুমণ্ডলের চাপ=30 inches পারদস্তম্ভ।

[It is required to siphon kerosene (sp. gr.=0·8) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible ? Atmospheric pressure=30 inches of mercury.]
[*H. S. Exam. (Comp.) 1960*] [Ans. 42·5 ft.]

24. বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প কাহাকে বলে ? উহার বিবরণ ও কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। ইহার সীমাসর্ত কি ?

[What is an exhaust pump ? Describe it and explain its action. What is its limitation ?] [*H. S. (Comp.) 1961*]

25. বায়ু-সংনমন পাম্পের কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। ইহার ব্যবহারের কয়েকটি উদাহরণ দাও।

[Explain the action of a compression pump. Mention some of its applications.]

26. একটি বায়ু নিষ্কাশক পাম্পের রিসিভারের আয়তন চোঙের (barrel) আয়তনের ছয় গুণ। পিস্টনের কয়বার সম্পূর্ণ গতির ফলে রিসিভারের বায়ুর ঘনত্ব প্রাথমিক ঘনত্বের $\frac{2}{3}\frac{1}{4}\frac{6}{3}$ ভাগ হইবে ?

[The volume of the receiver of an air-pump is six times that of the barrel. Find the number of strokes of the piston required to reduce the density of the air to $\frac{2}{3}\frac{1}{4}\frac{6}{3}$ of the original value.] [Ans. 3]

27. একটি বায়ু সংনমন পাম্পের রিসিভারের আয়তন চোঙের আয়তন অপেক্ষা 20 গুণ। পিস্টনের কয়বার সম্পূর্ণ গতির ফলে রিসিভারের বায়ুর চাপ এক বায়ুমণ্ডল হইতে তিন বায়ুমণ্ডলে বর্ধিত হইবে ?

[The volume of the receiver of a condensing pump is 20 times that of the barrel. Find after how many strokes of the piston the pressure of air inside the receiver will be increased from one to three atmospheres.] [Ans. 40]

[OBJECTIVE TYPE QUESTIONS]

28. A. Alternate response type :

(i) *Yes or No type* :—

(ক) পদার্থের ঘনত্ব তরলের ঘনত্ব অপেক্ষা বেশী হইলে ঐ পদার্থ ঐ তরলে ভাসিবে ? —

(খ) কোন ক্ষেত্রফলের উপর তরলের ঘাত কি তরলের চাপ ও ক্ষেত্রফলের গুণফলের সমান ? —

(গ) টরিসেলির পরীক্ষায় নলটি কাত করিলে পারদস্তম্ভের খাড়া উচ্চতার (vertical height) কি পরিবর্তন হইবে ? —

(ঘ) বায়ুতে কোন বস্তুকে ওজন করিলে উহা কি বস্তুর প্রকৃত ওজনের অসমান হইবে ? —

(ঙ) সাধারণ তুলাযন্ত্রে কি আমরা বস্তুর ওজন মাপি ? —

(ii) *True or False type :—*

(ক) কোন তরলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে চাপ তরলের গভীরতা ও তলদেশের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে ; মোট তরলের উপব নির্ভর করে না।

(খ) জলকে নির্দিষ্ট মান ধরিয়া সম-আয়তন জলের চাইতে কোন্ পদার্থ কতটা ভারী তাহা দ্বারা পদার্থের ঘনত্ব বুঝানো হয়। —

(গ) বায়ুমণ্ডল চাপ প্রদান করিতে সক্ষম ; কারণ বায়ুর ওজন আছে। —

(ঘ) ব্যাবোমিটারের উচ্চতা হঠাৎ কমিয়া গেলে ঝড়েব সম্ভাবনা থাকে। —

(ঙ) বায়ু-সংনমন পাম্প দ্বারা কোন আবদ্ধ স্থানেব বায়ু বাহির কবিয়া লওয়া চলে। —

B. Recall type :

(ক) এফ. পি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী দৈর্ঘ্যেব একক —। —

(খ) স্প্রীং তুলা দ্বারা বস্তুব — মাপা যায়। —

(গ) তরলে নিমজ্জিত বস্তুব — আপাত হ্রাস হয়।

(ঘ) প্রতি বর্গইঞ্চিতে বায়ুমণ্ডলের চাপ প্রায় —।

(ঙ) তরলেব উপরিস্থ তল সর্বদা — হয়।

C. Completion type :

(ক) কোন আবদ্ধ তবলেব যে-কোন অংশে—(a) প্রয়োগ করিল সেই ——(a) চাপ—(b) মাত্রায় সর্বদিকে—(c) কবে এবং এই সঞ্চালিত চাপ তবল-সংলগ্ন পাত্রেব ——(b) উপর—(d) ক্রিয়া করে।

(খ) কোন বস্তুকে তরলে—(a) বা —(b) নিমজ্জিত কবিলে বস্তুব —(c) আপাত—(d) হয় এবং এই—(e) বস্তু যে-তরল স্থানচ্যুত করে তাহার—(f) সমান।

—(a) —(b) —(c) —(d) —(e) —(f)

D. Multiple choice type :—

(ক) সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে দৈর্ঘ্যের একক কি ?

উ। ফার্লং, সেন্টিমিটার, গজ, মিটার।

(খ) নিকলসন্ হাইড্রোমিটার দ্বারা কি মাপা হয় ?

উ। পদার্থের ঘনত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব, ওজনের আপাত হ্রাস।

(গ) বায়ুমণ্ডলের চাপ মাপিবার যন্ত্র কি ?

উ। স্প্রীং তুলা, ব্যারোমিটার, ব্যারোস্কোপ।

(ঘ) খুব সরু তারের ব্যাস মাপিবার উপযোগী যন্ত্র কোন্‌টি ?

উ। স্ক্রু-গেজ, ক্ষেরোমিটার, প্রোট্রাক্টর।

(ঙ) বরফ জলে ভাসে কেন ?

উ। ঘনত্ব কম বলিয়া, বরফ ও জল একই বস্তু বলিয়া, জলের প্লবতা বেশী বলিয়া।

তাপ-বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

তাপ ও থার্মোমিতি

(Heat and Thermometry)

1-1. তাপ (Heat)

তাপ সম্বন্ধে আমাদের সকলেরই কিছু-না-কিছু ধারণা আছে। আগুন জ্বালাইলে তাপ পাই বা দিনের বেলায় সূর্য উঠিলেই তাপ অনুভব করি, এসব কথা আমরা সকলে জানি। কোন কঠিন বস্তুর আকার ও আয়তনের মত তাপের কোন আকার বা আয়তন না থাকায় কিংবা গন্ধ, রং প্রভৃতি দ্বারা তাপকে বুঝিবার উপায় না থাকায়, তাপকে কোন বস্তুর মাধ্যমে বুঝিতে হয়। কোন বস্তু গরম হইয়া উঠিলেই আমরা ঐ বস্তুতে তাপের অস্তিত্ব বুঝিতে পারি। আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতেছে এই যে, বস্তু তাপ গ্রহণ করিলে গরম হইবে এবং তাপ বর্জন করিলে ঠাণ্ডা হইবে। কাজেই **তাপকে আমরা এমন এক জিনিস বলিয়া ধরিয়া লইতে পারি যাহার গ্রহণে বস্তু গরম হইয়া উঠে এবং বর্জনে ঠাণ্ডা হইয়া যায়।**

1-2. তাপের স্বরূপ (Nature of heat):

কোন বস্তুতে তাপের উদ্ভব যদি আমরা ভালভাবে লক্ষ্য করি তবে দেখিব যে উহার জন্য কোন-না-কোন শক্তি ব্যয়িত হইয়াছে।

কয়লা পোড়াইলে তাপের উদ্ভব হয়। এস্থলে কয়লাতে সঞ্চিত রাসায়নিক শক্তি তাপে পরিবর্তিত হয়।

দুইটি কঠিন বস্তুকে ঘর্ষণ করিলে তাপ সৃষ্টি হয়, আমরা জানি। ঘর্ষণের ফলে কিছু যান্ত্রিক শক্তির (mechanical energy) ব্যয় হয়। এই যান্ত্রিক শক্তিই বস্তুতে তাপের আকারে পরিবর্তিত হয়।

বৈদ্যুতিক বাতিতে বিদ্যুৎ-প্রবাহ চালাইলে বাতি আলো দেয় এবং সঙ্গে সঙ্গে তাপও প্রদান করে। এস্থলে বৈদ্যুতিক শক্তির বিনিময়ে তাপের সৃষ্টি হইতেছে।

সুতরাং **তাপ সৃষ্টি করিতে হইলে শক্তির প্রয়োজন। এই কারণে তাপকে এক প্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা হয়।**

এই তাপশক্তির স্বরূপ সম্বন্ধে বহুপূর্বে দুইটি বিপরীত মতবাদ (theory) প্রচলিত হয়। একটিকে বলা হইত ক্যালরিক মতবাদ (caloric theory)

এবং অন্যটিকে বলা হইত যান্ত্রিক মতবাদ (mechanical theory)। পরে বহুবিধ পরীক্ষার ফলে দেখা গেল যে, দ্বিতীয় মতবাদই তাপের স্বরূপ সঠিক নির্ণয় করিতে পারে। এই মতবাদের প্রবর্তক হইলেন কাউণ্ট রামফোর্ড।

কাউণ্ট রামফোর্ড কামানের নল তৈয়ারী করিবার জন্য একটি বড় ধাতুখণ্ড তুরপুন (drill) দিয়া ছেঁদা করাইতেছিলেন। ছেঁদা করিবার সময় যে ছোট ছোট ধাতুর টুকরা ছিটকাইয়া আসিতেছিল, তিনি দেখিলেন সেগুলি অত্যন্ত উত্তপ্ত। তিনি হিসাব করিয়া দেখিলেন যে, ছেঁদা করাইতে মোট যে তাপশক্তি উৎপন্ন হইতেছে তাহা 5 পাউণ্ড বরফ গলাইতে পারে। তিনি মনে মনে প্রশ্ন করিলেন যে, এই প্রচণ্ড তাপশক্তি সৃষ্টি কি করিয়া সম্ভব হইল ?

তখন তিনি স্থির করিলেন যে, ধাতুখণ্ডের ভিতর তুরপুন চালাইতে যে যান্ত্রিক শক্তি ব্যয়িত হইয়াছে তাহাই তাপশক্তি সৃষ্টির কারণ। এই যান্ত্রিক শক্তি ধাতুখণ্ডের অণু-পরমাণুগুলির গতিশক্তি (kinetic energy) বৃদ্ধি করে এবং অণু-পরমাণুর এই বর্ধিত গতিশক্তিই পদার্থে তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। (বিস্তারিত বিবরণের জন্য পদার্থ বিজ্ঞান—দ্বিতীয় ভাগ দ্রষ্টব্য।)

কাজেই তাপকে একপ্রকার 'গতির রূপ' (mode of motion) বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

1-3. তাপের ফল (Effects of heat):

কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করিলে নিম্নলিখিত ফল দেখিতে পাওয়া যায়:

(1) তাপমাত্রার পরিবর্তন:

তাপ প্রয়োগে বস্তু গরম হইয়া পড়ে অর্থাৎ বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। ইহার উদাহরণ আমাদের প্রায়ই চোখে পড়ে। একটি পাত্রে খানিকটা জল লইয়া আগুনে ধরিলে কিছুক্ষণের মধ্যেই জল বেশ উষ্ণ হইয়া পড়ে।

(2) অবস্থার পরিবর্তন:

তাপ প্রয়োগে পদার্থের অবস্থার পরিবর্তন হয়—অর্থাৎ, কঠিন পদার্থ তরলে অথবা তরল পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয়।

বরফের একটি টুকরা লইয়া তাপ প্রয়োগ করিলে দেখা যাইবে যে, টুকরাটি গলিয়া জলে পরিণত হইল। ঐ জলকে আরো বেশী উত্তপ্ত করিলে জল স্টীমে পরিণত হয়।

(3) **রাসায়নিক পরিবর্তন ঃ**

অনেক ক্ষেত্রে তাপ প্রয়োগের ফলে রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। যেমন, কয়লাকে উত্তপ্ত করিলে কয়লার কার্বন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করে।

(4) **দহন ও প্রাণনাশ ঃ**

তাপের দাহিকা শক্তি আছে একথা আমরা সকলেই জানি। কয়লা, তৈল, জ্বালানী প্রভৃতি তাপ-প্রয়োগে জ্বলে ইহা আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা। অতিরিক্ত তাপ-প্রয়োগে লতাপাতা, প্রাণী, এমন কি মানুষেরও প্রাণনাশ হয়।

(5) **আলোকের উৎপত্তি ঃ**

অতিরিক্ত তাপপ্রয়োগে যখন বস্তু শ্বেত-তপ্ত (white hot) হয় তখন ঐ বস্তু হইতে আলোর সৃষ্টি হয়। তা'ছাড়া দাহ্য পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলেও আলোক উৎপন্ন হয়।

1-4. তাপমাত্রা (Temperature) ঃ

গরম ও ঠাণ্ডা বোধ আমাদের সকলেরই আছে। বরফে হাত দিলে আমাদের ঠাণ্ডাবোধ হয় কিন্তু উত্তপ্ত লোহার টুক্‌রাতে হাত দিলে গরম বোধ হয়। **কোন বস্তু ঠাণ্ডা কি গরম এই অনুভূতিকে আমরা সোজা কথায় বস্তুর তাপমাত্রা বলিতে পারি।** যে বস্তুতে হাত দিলে গরম লাগে তাহার তাপমাত্রা বেশী বলা হয় আর যে বস্তু ঠাণ্ডা বলিয়া মনে করি তাহার তাপমাত্রা কম বলা হয়।

কিন্তু তাই বলিয়া তাপ বেশী হইলেই যে তাপমাত্রা বাড়িবে তাহার কোন অর্থ নাই। যেমন, একটি দেশলাইয়ের জ্বলন্ত কাঠি ও এক গামলা ফুটন্ত জলের কথা ধরা যাউক। দেশলাই কাঠির তাপমাত্রা গামলার ফুটন্ত জল অপেক্ষা অনেক বেশী কিন্তু দেশলাই কাঠির মোট তাপ গামলার জলের মোট তাপ অপেক্ষা অনেক কম।

তাপ-বিজ্ঞানে 'তাপমাত্রা' কথাটি এতই প্রয়োজনীয় যে ইহার বিস্তারিত আলোচনা প্রয়োজন।

একটি উত্তপ্ত লোহার বলকে যদি এক বালতি ঠাণ্ডা জলে ছাড়িয়া দেওয়া যায়, তবে দেখা যায় যে লোহার বলটি আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা হইতেছে এবং জল আস্তে আস্তে গরম হইতেছে। এরূপ কখনও দেখা যায় না যে উত্তপ্ত বলটি

আরো উত্তপ্ত হইতেছে এবং ঠাণ্ডা জল আরো ঠাণ্ডা হইতেছে। ইহার কারণ এই যে গোড়াতে উত্তপ্ত বলটির তাপমাত্রা ঠাণ্ডা জল অপেক্ষা বেশী হওয়ায়, উত্তপ্ত বল ঠাণ্ডা জলকে তাপ প্রদান করিয়াছে এবং জলের তাপমাত্রা কম থাকাতে জল সেই তাপ গ্রহণ করিয়াছে। কাজেই **তাপমাত্রা কোন বস্তুর এমন এক তাপীয় (thermal) অবস্থা যাহা হইতে আমরা বুঝি যে ঐ বস্তুটি অন্য বস্তুকে তাপ দিবে কিংবা অন্য বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করিবে।**

এই সম্পর্কে তাপমাত্রাকে তরলের তলের (level) সঙ্গে তুলনা করা যাইতে পারে। আমরা জানি যে উচ্চতল হইতে জল সর্বদা নিম্নতলে প্রবাহিত হয়। উল্টাদিকে কখনও প্রবাহিত হয় না। অর্থাৎ, তলদ্বারা আমরা বুঝিতে পারি যে জলপ্রবাহ কোন্ দিকে যাইবে। তাপমাত্রাও তেমনি বুঝাইয়া দেয় কোন্ বস্তু হইতে কোন্ বস্তুতে তাপের প্রবাহ হইবে।

যখন A বস্তু B বস্তুকে তাপ প্রদান করে তখন বলা হয় A বস্তুর তাপমাত্রা B বস্তু অপেক্ষা বেশী এবং উল্টা প্রবাহ হইলে বলা হয় B বস্তুর তাপমাত্রা A বস্তু হইতে বেশী।

-5. তাপ ও তাপমাত্রার পার্থক্য :

(1) তাপ একপ্রকার শক্তি। কিন্তু তাপমাত্রা বস্তুর এক তাপীয় (thermal) অবস্থা।

(2) যখন কোন বস্তু তাপ গ্রহণ করে, তখনই উহার তাপমাত্রা বাড়ে এবং যখন তাপ ছাড়িয়া দেয় তখনই উহার তাপমাত্রা কমে। অর্থাৎ, তাপকে কারণ (cause) বলা যায় এবং তাপমাত্রা হইল উহার ফল (effect)।

(3) কিছু পরিমাণ জলের সহিত ইহার তলের (level) যে তফাৎ তাপের সহিত তাপমাত্রারও সেই তফাৎ।

(4) দুই বস্তুর এক তাপমাত্রা হইলেই উহাদের যে সম-পরিমাণ তাপ থাকিবে তাহার কোন অর্থ নাই। আবার দুই বস্তুর সম-পরিমাণ তাপ থাকিলেই উহাদের তাপমাত্রা এক হইবে তাহারও কোন অর্থ নাই।

1-6. তাপমাত্রামাপক যন্ত্র বা থার্মোমিটার :

কোন বস্তু উত্তপ্ত কি ঠাণ্ডা তাহা আমরা স্পর্শ করিয়া বুঝিতে পারি। কিন্তু স্পর্শানুভূতির বিচার সর্বদা অভ্রান্ত বা সূক্ষ্ম হয় না। যেমন, শীতপ্রধান দেশের

লোক আমাদের দেশে আসিলে খুব বেশী গরম বোধ করিবে কিন্তু আমরা এ-দেশে থাকিতে অভ্যস্ত বলিয়া তত গরম বোধ করি না। আবার আমরা শীতের দেশে গেলে খুব বেশী ঠাণ্ডা বোধ করিব।

এক বালতি গরম জলে কিছুক্ষণ হাত ডুবাইয়া রাখিয়া ঠাণ্ডা জলে হাত ডুবাও। জল খুব বেশী ঠাণ্ডা লাগিবে। তেমনি ঠাণ্ডা জলে কিছুক্ষণ হাত ডুবাইয়া রাখিয়া গরম জলে ডুবাইলে জল খুব গরম লাগিবে।

কাজেই অনুভূতির বিচার নির্ভুল নয়। তাছাড়া তাপমাত্রার সূক্ষ্ম পরিমাপ স্পর্শ দ্বারা হইতে পারে না। এজন্য যন্ত্রের প্রয়োজন।

যে-যন্ত্রের সাহায্যে কোন বস্তুর তাপমাত্রা মাপা যায় তাহাকে তাপমাত্রামাপক যন্ত্র বা **থার্মোমিটার** বলে।

কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থের নানাবিধ প্রাকৃতিক গুণাবলী অবলম্বন করিয়া নানা ধরনের থার্মোমিটার নির্মিত হইয়াছে। যেমন :—

(1) তাপমাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে তরল পদার্থের আয়তনের পরিবর্তন হয়। তরলের এই গুণটি প্রয়োগ করিয়া পরীক্ষাগারে সাধারণত যে সমস্ত থার্মোমিটার ব্যবহৃত হয় তাহা তৈয়ারী হইয়াছে। পারদ থার্মোমিটার, অ্যাল্‌কোহল থার্মোমিটার ইত্যাদি এই জাতীয় তাপমাত্রামাপক যন্ত্র।

(2) কোন গ্যাসের চাপ ঠিক রাখিলে উহার আয়তন তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তিত হয়। আবার আয়তন ঠিক রাখিলে গ্যাসের চাপ তাপমাত্রার সহিত পরিবর্তিত হয়। গ্যাসের এই ধর্মকে ব্যবহার করিয়া বিভিন্ন ধরনের গ্যাস থার্মোমিটারের উদ্ভব হইয়াছে।

(3) কোন তড়িৎ-পরিবাহীর (conductor) রোধ (resistance) তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। সাধারণত তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে রোধ বৃদ্ধি পায় এবং তাপমাত্রা কমিলে রোধও কমে। প্লাটিনাম নামক মৌলের এই ধর্ম খুবই নিয়মানুগ (regular)। প্লাটিনামের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া প্লাটিনাম রেজিস্‌টান্‌স্ থার্মোমিটার (Platinum resistance thermometer) নামে একপ্রকার থার্মোমিটারের সৃষ্টি হইয়াছে।

(4) দুইটি বিভিন্ন ধাতুর তারের দুই প্রান্ত সংযুক্ত করিয়া প্রান্ত দুইটিতে বিভিন্ন তাপমাত্রা সৃষ্টি করিলে তারের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলাচল করে। ইহাকে থার্মোকাপ্‌ল (thermo-couple) বলে। এই থার্মোকাপ্‌ল দ্বারাও তাপমাত্রার পরিমাপ সম্ভব।

1·7. পারদ থার্মোমিটার (Mercury-in-glass thermometer) **:** যে থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহৃত হয় তাহাকে পারদ থার্মোমিটার বলে। এই ধরনের থার্মোমিটারের ব্যবহার খুব বেশী দেখা যায়। **থার্মোমিটারে অন্যান্য তরল অপেক্ষা পারদ ব্যবহারের কতগুলি সুবিধা আছে।** যথা :—

(1) তাপমাত্রার পরিবর্তনে পারদের আয়তনের পরিবর্তন খুব নিয়মানুগ (regular) এবং ইহা তাপমাত্রার অনেক দূর-পাল্লা (wide range) পর্যন্ত প্রসারিত।

(2) কোন বস্তুর তাপমাত্রা লাভ করিতে পারদ ঐ বস্তু হইতে অন্যান্য তরলের তুলনায় খুব কম তাপ গ্রহণ করে। ফলে বস্তুর নিজের তাপমাত্রার বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না অথচ থার্মোমিটার বস্তুর তাপমাত্রা দেখাইয়া দেয়।

(3) নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ভেদে পারদের আয়তন বৃদ্ধি অন্যান্য তরল অপেক্ষা বেশী। সুতরাং পারদ-থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা খুব সূক্ষ্মভাবে মাপা যায়।

(4) পারদ প্রায় 357° সেণ্টিগ্রেডে বাষ্প হয় এবং −39° সেণ্টিগ্রেডে জমিয়া যায়। সুতরাং এই বিস্তীর্ণ পাল্লায় পারদ তরল থাকে এবং ইহার ভিতর যে কোন তাপমাত্রা মাপিতে পারা যায়।

(5) পারদ সহজেই বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

(6) বিশুদ্ধ পারদ কাচ ভিজায় না। সুতরাং কাচ-নলের গায়ে পারদ আট্‌কাইয়া থাকিবে না।

(7) পারদ অস্বচ্ছ ও চক্‌চকে বলিয়া কাচের ভিতর দিয়া ইহাকে স্পষ্ট দেখা যায়।

পারদ থার্মোমিটারের বিবরণ :

পারদ

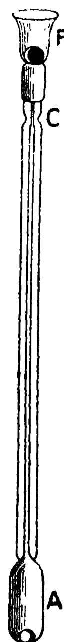
চিত্র 1ক

1ক নং চিত্রে পরীক্ষাগারে বহুল ব্যবহৃত একটি পারদ থার্মোমিটারের চিত্র দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি সর্বত্র সমান ব্যাসের সূক্ষ্ম রন্ধ্রবিশিষ্ট শক্ত কাচের নল। রন্ধ্রের একপ্রান্তে চোঙাকৃতি একটি কুণ্ড আছে এবং অপর প্রান্ত বন্ধ। কুণ্ড এবং রন্ধ্রের খানিকটা অংশ পারদপূর্ণ। কাচনলের গায়ে তাপমাত্রার স্কেল অংকিত। যে বস্তুর

তাপমাত্রা মাপিতে হয় উহার সহিত কুণ্ডটির সংস্পর্শ ঘটাইলে, পারদ আয়তনে বাড়িয়া যে-দাগ পর্যন্ত পৌছাইবে তাহাই হইবে বস্তুর তাপমাত্রা।

থার্মোমিটার নির্মাণ-প্রণালী ঃ

একটি সমান ব্যাসের সরু রন্ধ্রবিশিষ্ট শক্ত কাচনল লও। প্রথমে নলটির দুমুখ খোলা থাকিবে। পরে একমুখ আগুনে গলাইয়া অন্য মুখে ফুঁ দিয়া একটি চোঙাকৃতি কুণ্ড A তৈয়ারী কর (1খ নং চিত্র)। অন্যমুখে রবার নল দিয়া একটি ফানেল F আট্‌কাও। ইহার একটু নীচে কাচনলের দেওয়াল একটু গরম করিয়া চাপিয়া দাও যাহাতে ঐস্থানের রন্ধ্র একটু বেশী সরু হয় (চিত্রে C অংশ)। এখন ফানেলে কিছু বিশুদ্ধ পারদ লও। কাচনলের রন্ধ্র খুব সরু এবং বায়ুপূর্ণ বলিয়া পারদ রন্ধ্র বাহিয়া কুণ্ডে আসিতে পারিবে না। কুণ্ডটি পারদপূর্ণ করিতে নিম্নলিখিত পন্থা অবলম্বন করিতে হইবে।



থার্মোমিটার নির্মাণ কৌশল

চিত্র 1খ

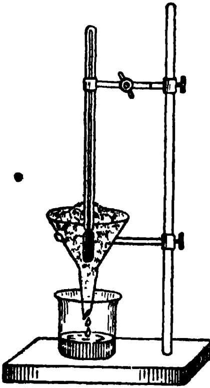
A কুণ্ডকে গরম কর। ফলে রন্ধ্রের বায়ু আয়তনে বাড়িয়া পারদের ভিতর বুদ্‌বুদ্ সৃষ্টি করিয়া বাহির হইয়া যাইবে। কুণ্ডকে এখন ঠাণ্ডা করিলে খানিকটা পারা কুণ্ডে আসিয়া জমা হইবে। পুনরায় A কুণ্ডকে গরম কর যাহাতে কুণ্ডের পারদ ফুটিতে থাকে। পারদের বাষ্প রন্ধ্রের সব বায়ু ও জলীয় বাষ্প ইত্যাদি ঠেলিয়া বাহির করিয়া দিবে। কুণ্ডকে এইবার ঠাণ্ডা করিলে আরো কিছু পারদ কুণ্ডে জমা হইবে। এইরূপ পর্যায়ক্রমে কুণ্ডকে গরম ও ঠাণ্ডা করিতে হইবে যতক্ষণ না কুণ্ড ও রন্ধ্রের খানিকটা অংশ পারদপূর্ণ হয়।

অতঃপর থার্মোমিটার সর্বাধিক যে-তাপমাত্রা নির্ণয় করিবে তাহা অপেক্ষা কিছু বেশী তাপমাত্রায় কুণ্ডটি রাখিতে হইবে। ফলে পারদ আয়তনে বাড়িয়া ফানেল পর্যন্ত পৌছাইবে। এই অবস্থায় ফানেল হইতে অতিরিক্ত পারদ সরাইয়া কুণ্ডটিকে আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা কর। পারদ আয়তনে কমিয়া যখন C অংশে পৌছাইবে তখন ঐ স্থান গরম করিয়া

গলাইয়া বন্ধ কর। এখন সমস্ত নলটিকে ঠাণ্ডা করিলে পারদ সঙ্কুচিত হইয়া কুণ্ড ও রন্ধ্রের কিছু অংশ অধিকার করিবে। এইরূপে পারদ থার্মোমিটার তৈয়ারী হয়।

থার্মোমিটারের স্থিরাঙ্ক নির্ণয় (Determination of fixed ıts of a thermometer) :

তাপমাত্রা নির্ণয়ের স্কেল তৈয়ারী করিতে গেলে সর্বপ্রথম দুইটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পারদ কোথায় গিয়া দাঁড়ায় তাহা নির্ণয় করিতে হইবে। এই দুই নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে বলা হয় থার্মোমিটারের স্থিরাঙ্ক। যে-তাপমাত্রায় বিশুদ্ধ বরফ গলে অথবা জল জমিয়া বরফ হয় তাহাকে **নিম্ন স্থিরাঙ্ক** (lower fixed point) অথবা **হিমাঙ্ক** (freezing point or ice point) বলে এবং বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে বিশুদ্ধ জল যে-তাপমাত্রায় ফুটিতে থাকে তাহাকে **ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক** (upper fixed point) বা **স্ফুটনাঙ্ক** (boiling point or steam point) বলে।



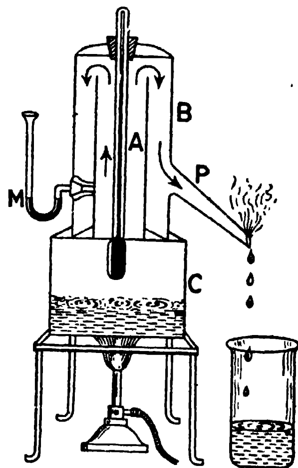
নিম্নস্থিরাঙ্ক নির্ণয় ব্যবস্থা

চিত্র 1গ

নিম্নস্থিরাঙ্ক নির্ণয় করিতে গেলে 1গ নং চিত্র প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। একটি ফানেলে পরিষ্কার বরফের গুঁড়া লইয়া থার্মোমিটারের কুণ্ড ও নলের কিছু অংশ বরফে ডুবাইয়া দাও। বরফের সংস্পর্শে কুণ্ড যত ঠাণ্ডা হইবে পারদ রন্ধ্র দিয়া তত নামিয়া আসিবে। পরে যখন কুণ্ড বরফের তাপমাত্রা পাইবে তখন পারদ স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। সেই জায়গায় নলের গায়ে একটি দাগ কাটিয়া দাও। ইহাকেই নিম্নস্থিরাঙ্ক বা হিমাঙ্ক বলা হয়।

ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইলে পর-পৃষ্ঠার 1ঘ নং চিত্রে প্রদর্শিত ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। এখানে থার্মোমিটারকে হিপসোমিটার (Hypsometer) নামক যন্ত্রের ভিতরে ঢুকাইয়া দিতে হইবে। এই যন্ত্রে C একটি তামার পাত্র। এই পাত্রে জল রাখিয়া জলকে ফুটাইতে হয়। C পাত্রের উপর A এবং B দুইটি ধাতব চোঙ। স্টীম A চোঙের ভিতর দিয়া A এবং

B-র মাঝখানে আসে এবং P মুখ দিয়া বাহির হইয়া যায় (তীরচিহ্ন প্রদর্শিত পথে)। A চোঙের স্টীমের চাপের সহিত বায়ুমণ্ডলের চাপের প্রভেদ বুঝিবার জন্য একটি দুমুখ খোলা বাঁকানো কাচ নল (M) পারদপূর্ণ করিয়া যন্ত্রটির সহিত লাগানো থাকে। ইহাকে ম্যানোমিটার বলে। ম্যানোমিটারের দুই বাহুতে পারদের তল সমান হইলে স্টীমের চাপ এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ এক হইবে।



ঊর্ধ্ব স্থিরাঙ্ক নির্ণয় ব্যবস্থা

চিত্র 1ঘ

থার্মোমিটারকে এমনভাবে হিপসোমিটারে ঢুকাইতে হইবে যেন কুণ্ড জল হইতে খানিকটা উঁচুতে থাকে। জল ফুটিতে আরম্ভ করিলে কুণ্ডের পারা উষ্ণ স্টীমের সংস্পর্শে আসিয়া আয়তনে বাড়িবে এবং রন্ধ্র বাহিয়া উপরে উঠিবে। যখন কুণ্ড স্টীমের তাপমাত্রা পাইবে তখন পারা স্থির হইয়া দাঁড়াইবে। তখন ঐ জায়গায় কাচনলের গায়ে দাগ কাট। ইহাকে ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক বলা হইবে।

[**দ্রষ্টব্য :** ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা বায়ুমণ্ডলের চাপের উপর নির্ভর করে। বায়ুমণ্ডলের স্বাভাবিক চাপে (normal atmospheric pressure) ফুটন্ত জলের যে-তাপমাত্রা উহাকেই ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক ধরা হয়। সুতরাং ঊর্ধ্ব-স্থিরাঙ্ক নির্ণয়ের সময় বায়ুমণ্ডলের চাপ যদি ভিন্ন হয় তবে স্থিরাঙ্কের প্রয়োজনীয় সংশোধন করিয়া লইতে হইবে।

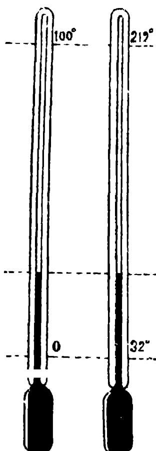
মনে কর, যখন ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক নির্ণয় করা হইল তখন ব্যারোমিটারে পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা 74·6 cm ; বায়ুমণ্ডলের চাপ ও স্ফুটনাঙ্কের তালিকা হইতে ঐ চাপে জলের স্ফুটনাঙ্ক হইবে 99·5° centigrade. ধরা যাউক, প্রাপ্ত নিম্ন-স্থিরাঙ্ক ও ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্কের মধ্যবর্তী দূরত্ব হইল 18 cm ; এক্ষেত্রে সংশোধিত দূরত্ব নিম্নলিখিত সমীকরণ হইতে পাওয়া যাইবে।

$$\frac{x}{18}=\frac{100}{99\cdot5} \text{ or, } x=\frac{100\times18}{99\cdot5}=18\cdot9 \text{ cm.}$$

কাজেই প্রকৃত উর্ধ্বস্থিরাঙ্ক নিম্নস্থিরাঙ্ক হইতে 18·9 cm. দূরে হইবে—18 cm নয়।]

8. থার্মোমিটার স্কেল ঃ

স্থিরাঙ্ক দুইটির মধ্যবর্তী তাপমাত্রার ব্যবধানকে বলা হয় **প্রাথমিক অন্তর** বা **Fundamental interval** (F. I.)। এই ব্যবধানকে বিভিন্ন উপায়ে ভাগ করিয়া বিভিন্ন থার্মোমিটার স্কেল তৈয়ারী হয়। তাপমাত্রা নির্ণয়ের জন্য আমাদের দেশে দুই রকমের থার্মোমিটার স্কেল চালু আছে।



সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট স্কেল
চিত্র 16

(ক) সেন্টিগ্রেড স্কেল, (খ) ফারেনহাইট্ স্কেল।

(ক) **সেন্টিগ্রেড স্কেল ঃ** এই স্কেল অনুযায়ী নিম্নস্থিরাঙ্ক 0° ডিগ্রী এবং উর্ধ্বস্থিরাঙ্ক 100° ডিগ্রী ধরা হয়। মধ্যবর্তী স্থানকে 100 সমান ভাগে ভাগ করা হয় এবং প্রত্যেক ভাগকে এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড বলা হয়।

(খ) **ফারেনহাইট স্কেল ঃ** এই স্কেল অনুযায়ী নিম্নস্থিরাঙ্ক 32° ডিগ্রী এবং উর্ধ্ব স্থিরাঙ্ককে 212° ডিগ্রী ধরা হয়। মধ্যবর্তী স্থানকে সমান 180° ভাগে ভাগ করা হয় ; সুতরাং এই স্কেল অনুযায়ী 0° নিম্নস্থিরাঙ্কের 32 ঘর নীচে।

16 নং চিত্রে দুই স্কেলের ছবি দেখানো হইল।

এই প্রসঙ্গে প্রশ্ন করা যাইতে পারে যে **থার্মোমিটার নলটির প্রস্থচ্ছেদ সর্বত্র সমান না হইলে ক্ষতি কি ?** প্রস্থচ্ছেদ অসমান হইলে অর্থাৎ নলটি কোথাও সরু বা মোটা হইলে একই তাপমাত্রাভেদে পারদ নলের সর্বত্র সমানভাবে অগ্রসর হইবে না। মোটা জায়গায় কম অগ্রসর হইবে এবং সরু জায়গায় বেশী অগ্রসর হইবে। নলটির অংশাঙ্কন (graduation) সর্বত্র সমান না হইলে এই ধরনের থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা নির্ভুলভাবে মাপা যাইবে না। তাপমাত্রা নির্ভুলভাবে মাপিতে হইলে প্রস্থচ্ছেদ অনুযায়ী ডিগ্রী দাগ কাটিতে হইবে। মোটা জায়গায় ডিগ্রীর দৈর্ঘ্য কম করিতে হইবে এবং সরু জায়গায় বেশী করিতে হইবে। কিন্তু এই ধরনের অংশাঙ্কন ব্যয়বহুল এবং

শ্রমসাধ্য। তাই সমান প্রস্থচ্ছেদের নল লওয়া হয় কারণ সেক্ষেত্রে অংশাঙ্কন খুব সহজে করা যায়।

দুই স্কেলের সম্বন্ধ :

উপরের স্কেল দুইটি হইতে বোঝা যায় যে একই তাপমাত্রার ব্যবধান সেন্টিগ্রেডে 100 ভাগ এবং ফারেনহাইটে 180 ভাগে ভাগ করা হইয়াছে। এই দুই স্কেলের ভিতর যে পারস্পরিক সম্বন্ধ আছে তাহা নিম্নলিখিত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

ধরা যাউক কোন তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড স্কেলে C এবং ফারেনহাইট স্কেলে F হইল।

এখন সেন্টিগ্রেড স্কেলে 1° অথবা 1 দাগ = হিমাঙ্ক হইতে স্ফুটনাঙ্ক পর্যন্ত তাপমাত্রার ব্যবধানের $\frac{1}{100}$ ভাগ।

সুতরাং C সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী = ঐ তাপমাত্রার ব্যবধানের $\frac{C}{100}$ ভাগ

এখন ফারেনহাইট্ স্কেলে পারদ F দাগ পর্যন্ত পৌঁছানো মানে হিমাঙ্ক হইতে (F − 32) ঘর যাওয়া।

1 ফারেনহাইট্ ডিগ্রী = হিমাঙ্ক হইতে স্ফুটনাঙ্ক পর্যন্ত তাপমাত্রার $\frac{1}{180}$ ভাগ

সুতরাং F − 32 „ „ = „ „ „ „ „ $\frac{F-32}{180}$ ভাগ

যেহেতু তাপমাত্রা একই, অতএব,

$$\frac{C}{100}=\frac{F-32}{180}$$

$$\text{অতএব, } \frac{C}{5}=\frac{F-32}{9}$$

উদাহরণ :

(1) কোন এক দিনের তাপমাত্রা 94° ডিগ্রী ফারেনহাইট্। সেন্টিগ্রেডে ঐ তাপমাত্রা কত ?

[The temperature on a certain day is 94° Fahrenheit. What will it correspond to on centigrade scale ?]

উ। আমরা জানি, $\frac{C}{5}=\frac{F-32}{9}$

এস্থলে $F=94^\circ$

$$\text{সুতরাং}\ \frac{C}{5}=\frac{94-32}{9}=\frac{62}{9}$$

$$\text{অথবা}\quad C=\frac{62\times 5}{9}=\frac{310}{9}=34{\cdot}4^\circ$$

(2) কোন অজ্ঞাত স্কেলের থার্মোমিটার হিমাঙ্ক -20° দেখাইতেছে এবং স্ফুটনাঙ্ক 80° দেখাইতেছে। 50° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা ঐ থার্মোমিটারে কত দেখাইবে ?

[An unspecified thermometer reads -20° at the ice-point and 80° at the steam-point. Calculate what this thermometer will read corresponding to 50°C ?]

উ। ধরা যাউক থার্মোমিটার t° দেখাইতেছে। আমরা জানি,

$$\frac{C}{100}=\frac{t-(-20)}{80-(-20)}$$

$$\text{এখানে}\ C=50^\circ C,\ \text{কাজেই,}\ \frac{50}{100}=\frac{t+20}{100}$$

$$\text{অথবা}\quad t=30^\circ$$

(3) একটি থার্মোমিটারের প্রাথমিক অন্তর 80টি সমান ঘরে এবং আর একটির প্রাথমিক অন্তর 120টি সমান ঘরে বিভক্ত। প্রথমটির নিম্নস্থিরাঙ্ক 0-তে এবং দ্বিতীয়টির 60 ঘরে অঙ্কিত। কোন তাপমাত্রায় দ্বিতীয় থার্মোমিটারের পাঠ 100° হইলে প্রথম থার্মোমিটারে পাঠ কত হইবে ?

[A thermometer has its fundamental interval divided into 80 equal parts and another into 120. If the lower fixed point of the first is marked 0 and of the second 60, what is the temperature shown by the first when it is 100° by the second ?]

উ। ধর, প্রথম থার্মোমিটার যে তাপমাত্রা প্রদর্শন করিতেছে তাহা t_1

এবং দ্বিতীয় ,, ,, ,, ,, ,, ,, t_2

অতএব, আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{t_1-0}{80}=\frac{t_2-60}{120}$$

$$\text{এস্থলে}\ t_2=100^\circ\ ;\ \text{কাজেই,}\ \frac{t_1-0}{80}=\frac{100-60}{120}=\frac{40}{120}$$

$$\text{or,}\ t_1=\frac{40\times 80}{120}=26{\cdot}6^\circ\ (\text{প্রায়})$$

সুতরাং প্রথম থার্মোমিটার $26{\cdot}6^\circ$ তাপমাত্রা প্রদর্শন করিবে।

(4) কোন থার্মোমিটারের নিম্নস্থিরাঙ্ক ও ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক যথাক্রমে 20 এবং 140 দাগ কাটা আছে। 92°F তাপমাত্রা ঐ থার্মোমিটারে কত দেখাইবে ?

[If the lower and upper fixed points of a thermometer are marked 20 and 140 respectively, what reading would this thermometer indicate for a temperature of 92°F ?]

(*H. S. Exam*, *1962*)

উ। ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক ও নিম্ন স্থিরাঙ্কের মধ্যে মোট ভাগ $= 140 - 20 = 120$

ধর, ঐ থার্মোমিটার যে পাঠ দিল তাহা x°

অতএব, $\frac{x-20}{120} = \frac{F-32}{180}$

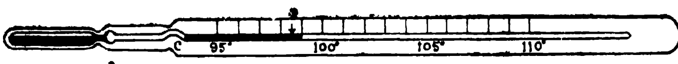
এক্ষেত্রে, $F = 92^{\circ}$; কাজেই, $\frac{x-20}{120} = \frac{92-32}{180} = \frac{60}{180}$

or, $x = 60^{\circ}$

1-8. অন্যান্য থার্মোমিটার ঃ

(1) **ডাক্তারী বা ক্লিনিকাল থার্মোমিটার** (Clinical thermometer) ঃ

ডাক্তারেরা শরীরের তাপমাত্রা (জ্বর) পরীক্ষা করিবার জন্য এই থার্মোমিটার ব্যবহার করেন। ইহা একটি ফারেনহাইট থার্মোমিটার। এই থার্মোমিটারে



ডাক্তারী থার্মোমিটার

চিত্র 1চ

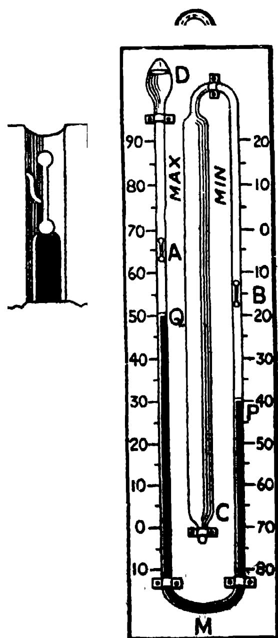
95° ডিগ্রী হইতে 110° ডিগ্রী ফারেনহাইট পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে ; কারণ মানুষের দেহের তাপমাত্রা ইহার ভিতরে ওঠা-নামা করে। 98·4° ডিগ্রীর কাছাকাছি একটি দাগ দেওয়া থাকে। উহা স্বাভাবিক ও সুস্থ দেহের তাপমাত্রা বুঝায়। থার্মোমিটার কুণ্ডটি কোন সুস্থ লোকের বগলে চাপিয়া ধরিলে পারা 98·4° ডিগ্রী পর্যন্ত পৌঁছাইবে।

থার্মোমিটারে কুণ্ডটির কাছে রন্ধ্র খুব সংকুচিত এবং একটু বাঁকা (চিত্রে C অংশ)। ইহার ফলে মানুষের দেহের তাপমাত্রা অনুযায়ী পারা সংকুচিত স্থান দিয়া অনায়াসে আয়তনে বাড়িয়া অগ্রসর হইবে কিন্তু দেহের বাহিরে থার্মোমিটার আনিলে পারা ঐ স্থান দিয়া কুণ্ডে ফিরিয়া আসিতে পারে না। সুতরাং তাপমাত্রা পড়িবার সুবিধা হয়। পুনরায় থার্মোমিটার ব্যবহার করিতে হইলে পারা কুণ্ডে ফিরাইয়া আনিতে হইবে এবং তাহার জন্য থার্মোমিটারে

ঝাঁকুনি দিতে হয়। 1চ নং চিত্রে একটি এই ধরনের থার্মোমিটার দেখানো হইয়াছে।

এই থার্মোমিটার কখনও ফুটন্ত জলে ডুবানো উচিত নয়। কারণ ফুটন্ত লের তাপমাত্রা 110°F-এর অনেক বেশী। সুতরাং ফুটন্ত জলে ডুবাইলে পারদ এত বেশী প্রসারিত হইবার চেষ্টা করিবে যে থার্মোমিটার ফাটিয়া যাইবে।

(2) **সিক্সের গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার** (Six's maximum and minimum thermometer):



গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার

চিত্র 1ছ

ইহা একটি অ্যাল্‌কোহল থার্মোমিটার এবং ফারেনহাইট স্কেল অনুযায়ী দাগ কাটা। এই থার্মোমিটার বিশেষভাবে আবহ-বিদ্‌গণ ব্যবহার করেন। কারণ, ইহা দ্বারা দিনের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রা পাওয়া যায়।

1ছ নং চিত্রে এই থার্মোমিটার দেখানো হইল। সমব্যাসযুক্ত সরু রন্ধ্রের কাচনল বাঁকাইয়া অনেকটা U-অক্ষরের মতো করা হয় এবং একটি কাঠের ফ্রেমে খাড়াভাবে আবদ্ধ রাখা হয়।

কাচনলের PMQ অংশ পারদপূর্ণ। A এবং B দুইটি ইস্পাতের ডাম্বেল আকৃতির সূচক স্প্রীং দ্বারা কাচনলের দেওয়ালে আট্‌কানো। (ছবিতে আলাদাভাবে দেখানো হইয়াছে।) সূচকটি ঠেলা খাইলে নল বাহিয়া অগ্রসর হয় কিন্তু ঠেলা না খাইলে স্প্রীং দ্বারা নলের গায়ে আটকাইয়া থাকে। C একটি লম্বা কুণ্ড। এই কুণ্ডটি ও তৎসংলগ্ন কাচনলের P পর্যন্ত অ্যাল্‌কোহল পূর্ণ। বাঁদিকের কাচনলেও D একটি কুণ্ড। এই কুণ্ডটির কিছু অংশ এবং সংলগ্ন কাঁচনলের Q পর্যন্ত অ্যাল্‌কোহল দ্বারা পূর্ণ। অর্থাৎ, PMQ পারদস্তম্ভ দুই বাহুর অ্যাল্‌কোহলকে পৃথক করিয়া রাখে। D-কুণ্ডের বাকী অংশ অ্যাল্‌কোহল বাষ্প দ্বারা পূর্ণ এবং প্রয়োজন হইলে নলের অ্যাল্‌কোহল আয়তনে বাড়িয়া ঐ স্থান অধিকার করিতে

পারে। QD অংশে অ্যাল্‌কোহল রাখিবার ফলে P ও Q পারদতলে চাপ সমান হইবে। কাচনল দুইটির গা বাহিয়া দুইটি স্কেল ফারেনহাইটে দাগ কাটা থাকে। একটি স্কেল উচ্চ হইতে নিম্নে (অর্থাৎ, গরিষ্ঠ স্কেল) এবং অপরটি নিম্ন হইতে উচ্চে (অর্থাৎ, লঘিষ্ঠ স্কেল) দাগ কাটা থাকে।

সর্বপ্রথম একটি চুম্বক দ্বারা বাহির হইতে A ও B সূচকদ্বয়কে টানিয়া Q এবং P পারদপ্রান্তদ্বয়ের সহিত ঠেকাইতে হইবে। এখন যদি তাপমাত্রা বাড়িতে থাকে, তবে C কুণ্ডের অ্যাল্‌কোহল আয়তনে বাড়িয়া P পারদ-প্রান্তকে নীচের দিকে ঠেলিয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে বাঁদিকের কাঁচনলের Q পারদপ্রান্ত উপরের দিকে উঠিবে এবং তাহার সহিত A সূচককেও উপরের দিকে ঠেলিবে। এরূপে যতক্ষণ তাপমাত্রা বাড়িবে ততক্ষণ A সূচকও উপরের দিকে উঠিবে এবং তাহার পর দেওয়ালের গায়ে আট্‌কাইয়া থাকিবে। সুতরাং গরিষ্ঠ স্কেল হইতে A সূচকের অবস্থান পাঠ করিলে দিনের গরিষ্ঠ তাপমাত্রা পাওয়া যাইবে।

আবার তাপমাত্রা হ্রাস পাইলে C কুণ্ডের অ্যাল্‌কোহল আয়তনে কমিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে P পারদ-প্রান্ত উপরের দিকে উঠিবে। উহার সহিত B সূচকটি নল বাহিয়া উপরের দিকে অগ্রসর হইবে এবং যখন আর তাপমাত্রা কমিবে না তখন সূচক দেওয়ালের গায়ে আটকাইয়া থাকিবে। সুতরাং লঘিষ্ঠ স্কেল হইতে B সূচকের অবস্থান পাঠ করিলে দিনের লঘিষ্ঠ তাপমাত্রা পাওয়া যাইবে।

সারাংশ

তাপ : তাপ একপ্রকার শক্তি। ইহার গ্রহণে বস্তু গরম হইয়া উঠে এবং বর্জনে ঠাণ্ডা হইয়া যায়। তাপশক্তিকে বুঝিতে হইলে কোন বস্তুর মাধ্যমে বুঝিতে হয়। কোন বস্তুর অণু-পরমাণুর গতিশক্তিই বস্তুতে তাপের আকারে দেখা দেয়। সুতরাং তাপকে 'গতির একপ্রকার রূপ' বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

তাপমাত্রা : তাপমাত্রা বস্তুর এমন এক তাপীয় অবস্থা যাহা হইতে আমরা জানিতে পারি যে ঐ বস্তু অন্য বস্তুকে তাপ দিবে কিংবা অন্য বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করিবে। বেশী তাপমাত্রার বস্তু কম তাপমাত্রার বস্তুকে তাপ প্রদান করে এবং কম তাপমাত্রার বস্তু বেশী তাপমাত্রার বস্তু হইতে তাপ গ্রহণ করে।

এই সম্পর্কে তাপমাত্রাকে তরলের তলের সহিত তুলনা করা যাইতে পারে। কিছু পরিমাণ জলের সহিত উহার তলের যে-তফাৎ, তাপের সহিত তাপমাত্রার সেই তফাৎ। তাছাড়া তাপ কারণ—তাপমাত্রা উহার ফল।

থার্মোমিটার : তাপমাত্রামাপক যন্ত্রকে থার্মোমিটার বলে। পদার্থের বিভিন্ন ধর্মকে অবলম্বন করিয়া বিভিন্ন প্রকারের থার্মোমিটারের উদ্ভব হইয়াছে। ইহার ভিতর পারদ থার্মোমিটারের প্রচলনই বেশী। কয়েকটি কারণে অন্যান্য তরল অপেক্ষা থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহার করা সুবিধাজনক। একটি সরু রন্ধ্র-বিশিষ্ট কাচনল পারদপূর্ণ করিয়া এই থার্মোমিটার তৈয়ারী করা হয়। ইহার দুইটি স্থিরাঙ্ক আছে।

থার্মোমিটার স্কেল : পারদ থার্মোমিটারের দুই স্থিরাঙ্কের মধ্যবর্তী স্থান ভাগ করিবার বিভিন্ন প্রণালীর উপর বিভিন্ন থার্মোমিটার স্কেল সৃষ্টি হইয়াছে। প্রধান দুইটি স্কেল হইতেছে (1) সেণ্টিগ্রেড এবং (2) ফারেনহাইট।

সেণ্টিগ্রেডে নিম্নস্থিরাঙ্ক 0° এবং ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক 100°. কিন্তু ফারেনহাইটে নিম্ন-স্থিরাঙ্ক 32° এবং ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক 212°.

দুই স্কেলের সম্পর্ক : কোন তাপমাত্রা সেণ্টিগ্রেডে যদি C হয় এবং ফারেনহাইটে F হয় তবে,

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9}$$

ক্লিনিক্যাল থার্মোমিটার : ইহা পারদপূর্ণ ফারেনহাইট থার্মোমিটার। ডাক্তারগণ মানুষের দেহের তাপমাত্রা দেখিবার জন্য এই থার্মোমিটার ব্যবহার করেন। এই থার্মোমিটারে 95° হইতে 110° পর্যন্ত দাগ কাটা থাকে।

গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটার : ইহা অ্যাল্কোহলপূর্ণ ফারেনহাইট থার্মোমিটার। দিনের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন তাপমাত্রা এই থার্মোমিটার হইতে পাওয়া যায়। আবহাওয়া অফিসে এই থার্মোমিটার বিশেষভাবে ব্যবহৃত হয়।

1. তাপ ও তাপমাত্রার ভিতর প্রভেদ কি ?

[What is the difference between 'heat' and 'temperature' ?]

2. থার্মোমিটার কাহাকে বলে ? পারদ থার্মোমিটার নির্মাণের প্রণালী বর্ণনা কর। থার্মোমিটারের রন্ধ্র সমান ব্যাসযুক্ত না হইলে ক্ষতি কি ?

[What is a thermometer ? Describe the construction of a mercury thermometer. Is it necessary that the tube of the thermometer should be of uniform bore throughout ?] [cf. *H. S. Exam.*, *1960*]

3. থার্মোমিটারের স্থিরাঙ্ক কাহাকে বলে ? এই স্থিরাঙ্ক নির্ণয়ের প্রণালী বিশদভাবে বর্ণনা কর। 'প্রাথমিক অন্তর' বলিতে কি বোঝ ?

[What are the fixed points of a thermometer ? Describe in detail, the method for ascertaining the fixed points. What do you mean by 'fundamental interval' ?] [cf. *H. S. Exam.*, *1962*]

4. থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহারের সুবিধা কি ? পারদ ছাড়া অন্য কি তরল ব্যবহার করা যায় ?

[What are the advantages of using mercury in a thermometer ? What other liquid can be used ?]

5. কত রকমের থার্মোমিটার স্কেল আছে ? উহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[How many thermometric scales are generally in use ? Ascertain relation between them.]

6. দার্জিলিং-এ কোন এক শীতের দিনে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা 80° ফারেনহাইট্। সেণ্টিগ্রেডে ঐ তাপমাত্রা কত হইবে ?

[On a certain winter day in Darjeeling the minimum temperature was found to be 80° Fahrenheit. What was it in Centigrade scale ?] [Ans. $-1 \cdot 11°$]

7. কোন্ তাপমাত্রা ফারেনহাইট্ ও সেণ্টিগ্রেড স্কেলে সমান হইবে ?

[Find the temperature which will be expressed by the same number both on the Fahrenheit and the Centigrade scales.]

[Ans. $-40°$] [*H. S. Exam., 1960*]

8. ঐ পর্যন্ত যা সর্বনিম্ন তাপমাত্রা পাওয়া গিয়াছে তাহা $-270°$ সেণ্টিগ্রেড। ফারেনহাইট্ স্কেলে তাহা কত ?

[The minimum temperature so far attainable is $-270°$ Centigrade. What is it on Fahrenheit scale ?] [Ans. $-454°$]

9. কোন থার্মোমিটারে স্ফুটনাঙ্ক 160° এবং হিমাঙ্ক 15° দাগ কাটা আছে। এই থার্মোমিটারে কোন তাপমাত্রা 78° হইলে সেণ্টিগ্রেড ও ফারেনহাইটে কত হইবে ?

[The boiling point and freezing point of a thermometer are 160° and 15° respectively. What would be the temperature on Centigrade and Fahrenheit scales when it shows a temperature of 78° ?] [Ans. 40°C ; 104°F]

10. একটি থার্মোমিটারের হিমাঙ্ক 20° এবং স্ফুটনাঙ্ক 150° দাগ কাটা আছে। সেণ্টিগ্রেড থার্মোমিটারে কোন তাপমাত্রা 45°C হইলে ঐ থার্মোমিটারে কত হইবে ?

[The freezing point on a thermometer is marked 20° and the boiling point 150°. What reading would this thermometer give for a temperature of 45°C ?]

[Ans. 78·5°]

11. থার্মোমিটারের স্থিরাঙ্ক কিরূপে নির্ণয় করা হয় ব্যাখ্যা কর। বায়ুমণ্ডলের চাপ স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশী কি কম তাহা থার্মোমিটারের সাহায্যে কিরূপে নির্ণয় করা যায় ? একটি ত্রুটিপূর্ণ সেণ্টিগ্রেড থার্মোমিটারে নিম্নস্থিরাঙ্ক ও ঊর্ধ্বস্থিরাঙ্ক যথাক্রমে +0·5 এবং 100·8 দাগ কাটা আছে। ঐ থার্মোমিটার যখন 20 পাঠ দিতেছে তখন ত্রুটিহীন সেণ্টিগ্রেড থার্মোমিটারে কত পাঠ হইবে ?

[Explain how the fixed points of a thermometer are determined. How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal ?

The readings of a faulty Centigrade thermometer at the lower and upper fixed points are respectively +0·5 and 100·8. Find the correct temperature on the Centigrade scale when the faulty thermometer reads 20.]

[*H. S.* (*comp*) *1960*] [Ans. 19·4°C (প্রায়)]

12. একটি সেন্টিগ্রেড থার্মোমিটারে হিমাঙ্ক 1·5°C এবং 747 mm. পারদের চাপে ফুটন্ত জলের স্টীমে 98·5°C দেখাইতেছে। যখন ঐ থার্মোমিটারে 20°C পাঠ পাওয়া যাইতেছে তখন ফারেনহাইট স্কেলে নির্ভুল তাপমাত্রা কত ? 784 mm পারদের চাপে জল 99°C তাপমাত্রায় ফোটে।

[A Centigrade thermometer reads 1·5°C in melting ice and 98°5C in steam from water boiling at 747 mm. pressure. What is the correct temperature in Fahrenheit scale when this thermometer reads 20°C ? Boiling point of water at 784 mm. pressure is 99°C.] [Ans. 66·1°]

13. কোন্ তাপমাত্রাতে ফারেনহাইট ডিগ্রী পাঠ সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী পাঠের 5 গুণ হইবে ?

[Find out the temperature when the degrees of the Fehrenheit thermometer will be 5 times as the corresponding degrees of the Centigrade thermometer ?] [H. S. 63] [Ans. 10°C or 50°F]

14. একই তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট থার্মোমিটারে পাঠ করিয়া 56° তফাৎ পাওয়া গেল। উভয় থার্মোমিটারে ঐ তাপমাত্রা কত ?

[The same temperature when read on a Centigrade and Fahrenheit thermometer gives a difference of 56°. What is the number of degrees indicated by each thermometer ?] [Ans. 30°C or 86°F]

15. একটি ত্রুটিপূর্ণ থার্মোমিটার বরফে রাখিলে 5°C এবং স্বাভাবিক বায়ুচাপে শুষ্ক স্টীমে রাখিলে 99°C পাঠ দেয়। ঐ থার্মোমিটারে যখন 52°C পাঠ পাওয়া যায় তখন সঠিক পাঠ কত ?

[A faulty thermometer reads 5°C in melting ice and 99°C in dry steam at normal atmospheric pressure. Find the correct temperature when the thermometer reads 52°C.] [Ans. 50°C.]

16. একটি থার্মোমিটারের (A) প্রাথমিক অন্তর (F. I.) 45 সমান ভাগে এবং অপর একটির (B) 100 সমান ভাগে বিভক্ত। A-র নিম্নস্থিরাঙ্ক −2° এবং B-এর 50° ; কোন তাপমাত্রা B-থার্মোমিটারে 110° হইলে A-থার্মোমিটারে কত হইবে ?

[A thermometer (A) has got its F. I. divided into 45 equal parts and another (B) into 100. If the lower fixed point of A is marked −2° and that of B 50°, what is the temperature by A when it is 110° by B ?] [Ans. 25°]

17. ক্লিনিকাল থার্মোমিটার বর্ণনা কর এবং উহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

[Describe a clinical thermometer and mention its uses.]

[cf. *H. S. Exam., 1960*]

18. একটি সুন্দর নকশা দ্বারা সিক্সের গরিষ্ঠ ও লঘিষ্ঠ থার্মোমিটারের বর্ণনা কর এবং উহার কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও।

[Describe with a neat diagram, Six's maximum and minimum thermometer and explain its action.]

19. দিনের সর্বোচ্চ ও রাত্রির সর্বনিম্ন তাপমাত্রা মাপিবার একটি উপযুক্ত যন্ত্রের ছবি আঁক এবং বিভিন্ন অংশের নাম লেখ। যন্ত্রটির বিন্যাস ও পঠনপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Give a labelled diagram of the apparatus you would use for determining the highest day temperature and the lowest night temperature in a room.
Explain how the apparatus is read and set.] [*H. S. Exam. 1961*]

20. সেন্টিগ্রেড ও ফারেনহাইট তাপমাত্রাযুক্ত নিম্নলিখিত ছকটি পূরণ কর :—

সেন্টিগ্রেড	– 50°			10°		45°	75°	
ফারেনহাইট		– 18°	28°		59°			208°

[Fill up the gaps in the following table which is drawn up according to Centigrade and Fahrenheit scales :—

Centigrade	– 50°			10°		45°	75°	
Fahrenheit		– 18°	28°		59°			208

[Objective Type Questions]

21. নিম্নলিখিত উক্তিগুলির মধ্যে যেটি অভ্রান্ত তাহার ডানদিকের শূন্যস্থানে C এবং যেগুলি ভ্রান্ত তাহার স্থানে W লেখ :—

(i) তাপকে একপ্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে কারণ তাপকে আলোক প্রভৃতি অন্যান্য শক্তিতে পরিণত করা যায়। —

(ii) পারদ থার্মোমিটারের কুণ্ড বৃহৎ এবং কাচনলের রন্ধ্র খুব সরু হইলে ঐ থার্মোমিটার দ্বারা তাপমাত্রা খুব নিখুঁতভাবে নির্ণয় করা যায়। —

(iii) কোন বস্তুতে তাপমাত্রার অস্তিত্ব না থাকিলে তাপেরও অস্তিত্ব থাকিতে পারে না ; কেননা তাপমাত্রা হইল কারণ এবং তাপ হইল উহার ফল। —

(iv) দুইটি বস্তুর তাপমাত্রা এক হইলে উহাদের তাপের পরিমাণও এক হইবে ; আবার তাপের পরিমাণ এক হইলে তাপমাত্রাও এক হইবে। —

(v) ঊর্ধ্ব বা নিম্ন স্থিরাঙ্ক নির্ণয়ে বায়ুমণ্ডলের চাপের কোন হিসাব রাখিবার প্রয়োজন হয় না। —

(vi) এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড এক ডিগ্রী ফারেনহাইটের $\frac{5}{9}$. —

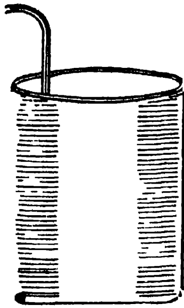
(vii) পারদ থার্মোমিটারের নলটির প্রস্থচ্ছেদ সর্বত্র সমান না হইলেও তাপমাত্রা নির্ধারণে কোন অসুবিধা হয় না। —

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

ক্যালরিমিতি (Calorimetry)

2-1. ক্যালরিমিতি (Calorimetry) :

তাপ একটি প্রাকৃতিক (physical) রাশি। সুতরাং ইহার পরিমাপ সম্ভব। যখন কোন বস্তু তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিয়া নিজস্ব তাপমাত্রার পরিবর্তন করে তখন যে-পদ্ধতিতে বস্তুর সেই তাপ পরিমাপ করা হয় তাহাকে ক্যালরিমিতি বলে।



ক্যালরিমিটার ও আলোড়ক
চিত্র 2ক

যে-পাত্রের দ্বারা তাপের পরিমাপ করা হয় তাহাকে **ক্যালরিমিটার** বলে। ক্যালরিমিটার আর কিছুই নয়—তামার একটি চোঙাকৃতি পাত্র (2ক নং চিত্র)। ইহার সহিত তামার তৈয়ারী একটি আলোড়ক (stirrer) থাকে। ক্যালরিমিটারের ভিতরকার তরল পদার্থ নাড়িবার জন্য এই আলোড়কের প্রয়োজন।

2-2. তাপ পরিমাপের একক (Units of measurement of heat) :

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোন রাশির পরিমাপ করিতে গেলে উহাকে যথোপযুক্ত এককে প্রকাশ করিতে হয়। সুতরাং, তাপ পরিমাপের উপযুক্ত একক প্রয়োজন।

তাপ পরিমাপের যে-সমস্ত বিভিন্ন একক আছে তাহা নিম্নে বলা হইল।

ক্যালরি (Calorie) : এক গ্র্যাম জলের এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে ক্যালরি বলে। সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে তাপের একক ক্যালরি।

বৃটিশ থার্মাল একক (British thermal unit): এক পাউণ্ড জলের এক ডিগ্রী ফারেনহাইট্ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে বৃটিশ থার্মাল একক বলে। ইহা এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে তাপের একক এবং ইংলণ্ডে এই একক সমধিক প্রচলিত।

থার্ম (Therm): ইহা ইংলণ্ডে প্রচলিত বাণিজ্য সংক্রান্ত (commercial) তাপের একক। ইংলণ্ডে রন্ধন ইত্যাদি কাজের জন্য যে-গ্যাস সরবরাহ করা হয় তাহার মূল্য থার্ম এককের ভিত্তিতে ধার্য করা হয়।

1 থার্ম = 100,000 বৃটিশ থার্মাল একক।

সুতরাং 100,000 পাউণ্ড জলের এক ডিগ্রী ফারেনহাইট্ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহাকে থার্ম বলা যাইতে পারে।

পাউণ্ড ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড একক অথবা সেন্টিগ্রেড তাপ একক (Centigrade heat unit—C. H. U.):

এই এককটি এফ. পি. এস. এবং সি. জি. এস. পদ্ধতির মিশ্রণে গঠিত এক মিশ্র একক। এন্‌জিনীয়ারীং এবং কারিগরী বিভাগে তাপের এই এককটি সমধিক প্রচলিত।

এক পাউণ্ড জলের তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহাকেই পাউণ্ড ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড একক ধরা হয়। লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে জলের ভর প্রকাশ করা হইয়াছে এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে এবং তাপমাত্রা প্রকাশ করা হইয়াছে সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে। এই কারণে এই একক-কে মিশ্র একক বলা হয়।

গড় ক্যালরি ও 15°C ক্যালরি (Mean calorie and 15°C calorie):

ক্যালরির সংজ্ঞা বলার সময় বলা হইয়াছে যে এক গ্র্যাম জলের এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহাকে ক্যালরি বলে। এই 'এক ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড' কোথা হইতে কোন্ পর্যন্ত—0°C হইতে 1°C কিংবা 20°C হইতে 21°C কিংবা অন্য কিছু—তাহা বলা হয় নাই। প্রকৃতপক্ষে এক গ্র্যাম জলকে 0°C হইতে 1°C উষ্ণ করিতে যে তাপ প্রয়োজন 20°C হইতে 21°C উষ্ণ করিতে ঠিক সেই তাপের প্রয়োজন হয় না। অর্থাৎ, তাপমাত্রা স্কেলের বিভিন্ন অংশের 1°C ব্যবহার করিলে ফলাফল সর্বদা ঠিক এক হয় না। এই অসুবিধা দূর করিবার জন্য **গড় ক্যালরি** উদ্ভাবন করা হইয়াছে। ইহার সংজ্ঞা নিম্নরূপ:

এক গ্রাম জলকে 0°C হইতে 100°C পর্যন্ত উষ্ণ করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে 100 দ্বারা ভাগ করিলে যে-তাপ পাওয়া যাইবে উহাকে গড় ক্যালরি নাম দেওয়া হইয়াছে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে এক গ্রাম জলকে 14·5°C হইতে 15·5°C উষ্ণ করিতে যে-তাপ লাগে তাহা উপরোক্ত গড় ক্যালরির প্রায় সমান। এই কারণে এই বিশেষ তাপকে একটি একক বলিয়া গণ্য করা হয় এবং উহাকে 15°C ক্যালরি নাম দেওয়া হইয়াছে।

2-3 (i) ক্যালরি ও বৃটিশ থার্মাল এককের পারস্পরিক সম্পর্ক :

1 বৃটিশ থার্মাল একক = 1 lb জলের 1°F উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ

= 453·6 gms জলের 1°F উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ

[∵ 1 lb = 453·6 gms.]

= 453·6 gms জলের $\frac{5}{9}$° C উষ্ণতা বৃদ্ধির জন্য যে তাপ

[∵ 1°F = $\frac{5}{9}$° C]

= $453{\cdot}6 \times \frac{5}{9}$ calories.

= 252 calories.

সুতরাং **1 বৃটিশ থার্মাল একক = 252 ক্যালরি।**

(ii) ক্যালরি ও পাউণ্ড-ডিগ্রী-সেন্টিগ্রেড এককের পারস্পরিক সম্পর্ক :

1 পাউণ্ড-ডিগ্রী-সেন্টিগ্রেড একক = 1 lb × 1°C

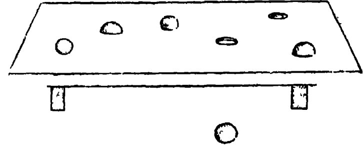
= 453·6 × 1°C

= 453·6 calories.

2-4 আপেক্ষিক তাপ (Specific heat) :

আমরা যদি সমপরিমাণ বিভিন্ন দ্রব্য লই—যথা, সীসা, লোহা, তামা ইত্যাদি এবং উহাদের সমপরিমাণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য তাপ প্রদান করি তবে দেখিব যে বিভিন্ন দ্রব্যে বিভিন্ন পরিমাণ তাপ দিতে হইতেছে। সুতরাং বিভিন্ন দ্রব্যের তাপ গ্রহণ করিবার ক্ষমতা শুধু দ্রব্যের ভর বা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না। নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির দ্বারা এই ব্যাপারটি সুন্দরভাবে বোঝা যাইবে।

পরীক্ষা ঃ (1) সীসা, তামা, লোহা ইত্যাদি বিভিন্ন দ্রব্যের সমান ভরের (mass) কতকগুলি বল লও। তাপ প্রদান করিয়া উহাদের সমান তাপমাত্রা বৃদ্ধি কর। এবার একসঙ্গে তাড়াতাড়ি বলগুলিকে একটি মোমের প্লেটের উপরে রাখ। দেখিবে যে বলগুলি বিভিন্ন পরিমাণ মোম গলাইবে। কোনটি সম্পূর্ণ গলাইয়া পড়িয়া যাইবে, কোনটি বা অর্ধেক গলাইবে ইত্যাদি (2খ নং চিত্র)।



বলগুলি বিভিন্ন পরিমাণ মোম গলাইতেছে

চিত্র 2খ

ইহা ইহাতে বোঝা যায় যে যদিও বলগুলির ভর সমান এবং একই তাপমাত্রার হ্রাস হইল (কারণ প্রত্যেকটিই এক প্রাথমিক তাপমাত্রা হইতে মোম গলনের তাপমাত্রায় পৌছিল) তবুও তাহারা বিভিন্ন পরিমাণ তাপ ছাড়িয়া দিল। সুতরাং তাপ বর্জন শুধু ভর বা তাপমাত্রা পরিবর্তনের উপর নির্ভর করিল না।

(2) দুইটি একই ধরনের কেটলী লইয়া উহাতে সমপরিমাণ জল ও দুধ ঢাল। কেটলী দুইটিকে একই উনানের উপর পাশাপাশি রাখ। কিছুক্ষণ পরে উহাদের ভিতর দুইটি থার্মোমিটার প্রবেশ করাইয়া তাপমাত্রা দেখিলে দেখিতে পাইবে যে জল অপেক্ষা দুধের তাপমাত্রা বেশী। থার্মোমিটারের প্রতি লক্ষ্য রাখিলে দেখা যাইবে যে দুধের তাপমাত্রা বৃদ্ধি সর্বদা জল অপেক্ষা বেশী হইতেছে। অর্থাৎ, বলা যাইতে পারে যে পরিমাণে সমান হইলেও এবং একই তাপ পাইলেও দুধ এবং জলের তাপমাত্রাবৃদ্ধি ভিন্ন হইতেছে। কাজেই তাপমাত্রাবৃদ্ধি শুধু ভর বা তাপের উপর নির্ভর করিল না।

সুতরাং উপরোক্ত দুইটি পরীক্ষা হইতে আমরা সিদ্ধান্ত করিতে পারি যে **বিভিন্ন দ্রব্য কর্তৃক তাপ গ্রহণ বা বর্জন শুধু দ্রব্যগুলির ভর বা তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না। আবার বিভিন্ন দ্রব্যের তাপমাত্রা বৃদ্ধিও শুধু দ্রব্যের ভর বা তাপের উপর নির্ভর করিবে না।** দ্রব্যের একটি বিশেষ ধর্মের উপর উহারা নির্ভর করিবে। দ্রব্যের এই বিশেষ ধর্ম হইল **আপেক্ষিক তাপ**।

উপরোক্ত প্রথম পরীক্ষায় ধাতব বলগুলি বিভিন্ন তাপ বর্জন করে কারণ বিভিন্ন ধাতুর আপেক্ষিক তাপ এক নহে এবং দ্বিতীয় পরীক্ষায় দুধ এবং জলের তাপমাত্রাবৃদ্ধি আলাদা হইল, কারণ দুধ ও জলের আপেক্ষিক তাপ আলাদা।

25. আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা :

কোন পদার্থের নির্দিষ্ট ভরের নির্দিষ্ট তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ প্রয়োজন তাহা সমভর জলের সমতাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপের যতগুণ সেই অনুপাতকে উক্ত পদার্থের আপেক্ষিক তাপ বলে।

কঠিন বা তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ে জলকে নির্দিষ্ট মান (standard) ধরিয়া লইতে হয়।

যদি বস্তুর এক একক ভর লওয়া হয় এবং 1° ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হয় তবে উপরোক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী লেখা যাইবে,

$$\text{আঃ তাঃ} = \frac{\text{বস্তুর 1 একক ভরের } 1^{\circ} \text{ ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে তাপ}}{\text{জলের 1 ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,,}}$$

সুতরাং **আপেক্ষিক তাপ দুইটি তাপের অনুপাত বলিয়া একটি সংখ্যা মাত্র। ইহার কোন একক নাই।**

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ভরের একক গ্র্যাম এবং তাপমাত্রার একক সেন্টিগ্রেড। কাজেই এই পদ্ধতিতে

$$\text{আঃ তাঃ} = \frac{\text{1 গ্র্যাম বস্তুর } 1^{\circ} \text{ সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ}}{\text{1 গ্র্যাম জলের } 1^{\circ} \text{ ,, ,, ,, ,, ,, ,,}}$$

কিন্তু ক্যালরির সংজ্ঞানুযায়ী উপরোক্ত অনুপাতের হর (denominator) 1 ক্যালরি।

সুতরাং কোন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ বলিতে ঐ পদার্থের 1 গ্র্যাম ভরকে 1° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা-বৃদ্ধির জন্য যত ক্যালরি তাপ প্রয়োজন তাহার সমান বুঝায়। যথা, তামার আপেক্ষিক তাপ ·09 ; ইহার অর্থ এই যে 1 গ্র্যাম তামাকে এক ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণ করিতে ·09 ক্যালরি তাপ প্রয়োজন।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে ভরের একক পাউণ্ড এবং তাপমাত্রার একক ফারেনহাইট্। কাজেই এই পদ্ধতিতে,

$$\text{আঃ তাঃ} = \frac{\text{1 পাউণ্ড বস্তুর } 1^{\circ} \text{ ফাঃ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ}}{\text{1 পাউণ্ড জলের } 1^{\circ} \text{ ,, ,, ,, ,, ,, ,,}}$$

কিন্তু বৃটিশ থার্মাল এককের সংজ্ঞা অনুযায়ী উপরোক্ত অনুপাতের হর 1 বৃটিশ থার্মাল একক।

সুতরাং কোন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ বলিতে ঐ পদার্থের 1 পাউণ্ড ভরকে 1° ফারেনহাইট উষ্ণ করিতে যত বৃটিশ থার্মাল একক তাপ প্রয়োজন তাহার সমান বুঝায়। যেমন, তামার আপেক্ষিক তাপ ·09 ; ইহার অর্থ

এই যে 1 পাউণ্ড তামাকে 1° ডিগ্রী ফারেনহাইট উষ্ণ করিতে ·09 বৃটিশ থার্মাল একক তাপ প্রয়োজন।

উপরোক্ত কারণে কেহ কেহ আপেক্ষিক তাপের জন্য একক ব্যবহার করেন। এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে তাহারা প্রতি পাউণ্ডে, প্রতি ডিগ্রী ফারেনহাইটে বৃটিশ থার্মাল একক (B. Th. U. per pound per degree Fahrenheit) এবং সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে প্রতি গ্র্যামে, প্রতি ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেডে ক্যালরি (Calorie per gramme per degree Centigrade) —এই একক ব্যবহার করেন।

12-6. বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি অথবা হ্রাসের জন্য গৃহীত বা বর্জিত তাপের পরিমাণ (Amount of heat either absorbed or given out by a body for a rise or fall of temperature) **:**

যদি কোন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ s হয়, তবে আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি,

1 gm বস্তু 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে s calorie.

স্থতরাং m ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ms ,,

,, ,, ,, ,, ,, t°C ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, mst ,,

অতএব 'm' gm বস্তু (আপেক্ষিক তাপ 's') t°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য যদি 'H' calorie তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে, তবে উপরোক্ত হিসাব মত,

$$H = mst \text{ calorie}$$

অর্থাৎ, **গৃহীত বা বর্জিত তাপ = বস্তুর ভর × ইহার আপেক্ষিক তাপ × তাপমাত্রার বৃদ্ধি বা হ্রাস।**

যদি তাপ গ্রহণের পূর্বে বস্তুর তাপমাত্রা t_1 থাকে এবং গ্রহণের পর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া t_2 দাঁড়ায়, তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= t_2 - t_1$ এবং সেক্ষেত্রে

$$H = m.s.(t_2 - t_1) \text{ calorie}$$

তেমনি, যদি তাপ বর্জনের পূর্বে বস্তুর তাপমাত্রা t_1 থাকে এবং বর্জনের পর তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া t_2 হয়, তবে তাপমাত্রার হ্রাস $= t_1 - t_2$ এবং সেক্ষেত্রে,

$$H = m.s.\ (t_1 - t_2) \text{ calorie}$$

উদাহরণ ঃ

(1) একটি তামার বস্তুর ওজন 180 gms ; তামার আপেক্ষিক তাপ ·09. বস্তুটির তাপমাত্রা 25°C হইতে 95°C বৃদ্ধির জন্য কত তাপ লাগিবে ?

[A substance made of copper weighs 180 gms. Sp. heat of copper is ·09. How much heat is required to raise the temperature of the substance from 25°C to 95°C ?]

উ। এক্ষেত্রে, $m = 180$ gms ; $s = \cdot 09$; $t_1 = 25°C$; $t_2 = 95°C$.

স্থতরাং $H = m.s.(t_2 - t_1)$

$= 180 \times \cdot 09\ (95 - 25)$

$= 180 \times \cdot 09 \times 70$

$= 18 \times 9 \times 7$

$= 1134$ calorie.

(2) 2·5 lbs অ্যাল্‌কোহলের তাপমাত্রা 68°F হইতে উহার স্ফুটনাঙ্ক 173°F পর্যন্ত বৃদ্ধির জন্য কত তাপের প্রয়োজন হইবে ? [অ্যাল্‌কোহলের আপেক্ষিক তাপ = 0·6]

[How much heat is required to raise temperature of 2·5 lbs. of alcohol from 68°F to its boiling points 173°F ? Sp. heat of alcohol = 0·6]

উ। এস্থলে $m = 2\cdot 5$ lbs ; $s = 0\cdot 6$; $t_1 = 68°F$, $t_2 = 173°$ F.

স্থতরাং $H = m.s.(t_2 - t_1)$

$= 2\cdot 5 \times 0\cdot 6\ (173 - 68)$

$= 2\cdot 5 \times 0\cdot 6 \times 105$

$= 157\cdot 5$ B. Th. U

[দ্রষ্টব্য ঃ দুইটি উদাহরণের বিভিন্ন রাশির একক লক্ষ্য কর।]

2. বস্তুর তাপগ্রাহিতা (Thermal capacity of a body) ঃ

কোন বস্তুর 1° তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ প্রয়োজন উহাকে বস্তুর তাপগ্রাহিতা বলে।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে কোন বস্তুর 1° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যত ক্যালরি তাপ প্রয়োজন, তাহাই সেই বস্তুর তাপগ্রাহিতা। যদি

বস্তুর ভর হয় m gms এবং বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ হয় s, তবে বস্তুর তাপগ্রাহিতা (C) উক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী দাঁড়ায়,

$$C = m \times s \times 1 \text{ calorie}$$
$$= ms \text{ calorie}$$

এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে কোন বস্তুর 1° Fahrenheit তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য বৃটিশ থার্মাল একক অনুযায়ী যত তাপ প্রয়োজন, তাহাই ঐ বস্তুর তাপগ্রাহিতা। যদি বস্তুর ভর হয় m lbs এবং বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ হয় s, তবে বস্তুর তাপগ্রাহিতা

$$C = m \times s \times 1 \text{ B. Th. U.}$$
$$= ms \text{ B. Th. U.}$$

কাজেই,

বস্তুর তাপগ্রাহিতা = বস্তুর ভর × ইহার আপেক্ষিক তাপ।

2-২. বস্তুর জল-সম (Water-equivalent of a body) ঃ

কোন বস্তুর 1° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ লাগে তাহা যে-পরিমাণ জলকে 1° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণ করিবে সেই পরিমাণ জলকে ঐ বস্তুর জল-সম বলে।

যেমন একটি ক্যালরিমিটারের জল-সম 10 gms বলিতে ইহাই বুঝায় যে 10 gms জলকে 1°C উষ্ণ করিতে যে তাপের প্রয়োজন তাহা ক্যালরিমিটারকে 1°C উষ্ণ করিবে। অর্থাৎ, 10 gms জল-সম-সম্পন্ন ক্যালরিমিটারের ভিতর যদি 100 gms জল লওয়া হয় তবে তাপ গ্রহণ বা বর্জনের ব্যাপারে আমরা মনে করিতে পারি যে ক্যালরিমিটার নাই—তৎপরিবর্তে 110 gms জল আছে।

ধর, কোন বস্তুর ভর m gms ও বস্তুর উপাদানের আপেক্ষিক তাপ s, তাহা হইলে,

বস্তুটির 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $= m \times s \times 1$ calorie.
এখন আমরা জানি 1 calorie তাপ 1 gm জলকে 1°C উষ্ণ করে।

সুতরাং $m \times s$ „ „ $m \times s$ „ „ „ „ „

অর্থাৎ, বস্তুর **জল-সম** $\boldsymbol{W = m \times s}$ gms.

তেমনি, এফ. পি. এস্. পদ্ধতিতে বস্তুর জল-সম $W = m \times s$ lbs

2-9. তাপগ্রাহিতা ও জল-সমের পার্থক্য ঃ

(1) তাপগ্রাহিতা ও জল-সম উভয়েই বস্তুর ভর ও আপেক্ষিক তাপের গুণফল। অর্থাৎ, উহাদের মান সমান।

(2) তাপগ্রাহিতা কিছু পরিমাণ তাপ বুঝায় ; সুতরাং ইহাকে ক্যালরিতে বা বৃটিশ থার্মাল এককে প্রকাশ করা হয়। কিন্তু জল-সম কিছু পরিমাণ জলকে বুঝায় ; সুতরাং ইহাকে গ্রামে বা পাউণ্ডে প্রকাশ করা হয়।

উদাহরণ ঃ

(1) একটি তামার ক্যালরিমিটারের ওজন 75 gms , তামার আপেক্ষিক তাপ ·09 হইলে ক্যালরিমিটারের তাপগ্রাহিতা ও জল-সম নির্ণয় কর।

[A copper calorimeter weighs 75 gms. If the sp. heat of copper be ·09, calculate the thermal capacity and water equivalent of the calorimeter.]

উ। এস্থলে $m = 75$ gms ; $s = \cdot 09$

সুতরাং তাপগ্রাহিতা, $C = m \times s$ calorie

$= 75 \times \cdot 09$ calorie

$= 6 \cdot 75$ calorie

এবং জল-সম, $W = m \times s$ gms

$= 85 \times \cdot 09$ gms

$= 6 \cdot 75$ gms

2-10. ক্যালরিমিতির মূল নীতি (Principle of calorimetry)

ধরা যাউক A এবং B দুইটি বস্তু—A বস্তুর তাপমাত্রা B বস্তু অপেক্ষা বেশী। এখন এই দুইটি বস্তুকে পরস্পরের সংস্পর্শে আনিলে A তাপ বর্জন করিবে এবং B সেই তাপ গ্রহণ করিবে। ফলে A বস্তুর তাপমাত্রা কমিতে থাকিবে এবং B বস্তুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে। এই তাপ গ্রহণ ও বর্জন চলিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না উভয়ের তাপমাত্রা সমান হয়। যদি মনে করা যায় যে গ্রহণ ও বর্জনের সময় কোন তাপ নষ্ট হইল না, তবে A যে-পরিমাণ তাপ বর্জন করিবে B ঠিক সেই পরিমাণ তাপ গ্রহণ করিবে। অর্থাৎ,

A কর্তৃক বর্জিত তাপ = B কর্তৃক গৃহীত তাপ। ইহাই ক্যালরিমিতির মূল নীতি।

2-11. ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় (Determination of water-equivalent of a calorimeter) :

একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক ক্যালরিমিটার লইয়া আলোড়ক (stirrer) সহ ওজন কর। ক্যালরিমিটারটি ঠাণ্ডা জল দিয়া অর্ধেক ভর্তি কর এবং ওজন লও। ঠাণ্ডা জলের তাপমাত্রা থার্মোমিটার দ্বারা লক্ষ্য কর। ক্যালরিমিটারকে আর একটি বড পাত্রে রাখিয়া ক্যালরিমিটার ও পাত্রের মধ্যবর্তী স্থান তুলা, উল বা ঐরূপ কোন কুপরিবাহী দ্বারা পূর্ণ কর। ইহাতে ক্যালরিমিটারের তাপক্ষয় নিবারিত হইবে। এখন অন্য একটি পাত্রে খানিকটা জল উত্তপ্ত কর এবং ইহার তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। তাডাতাড়ি ঐ উত্তপ্ত জল ক্যালরিমিটারের ঠাণ্ডা জলে মিশাও এবং আলোডক দিয়া নাডিতে থাক। ক্যালরিমিটারে মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে এবং যখন তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে পাইতে স্থির হইবে তখন সেই চূড়ান্ত তাপমাত্রা দেখ। ক্যালরিমিটার ও অভ্যন্তরস্থ জল যখন আবার পূর্বের ঠাণ্ডা অবস্থায় আসিবে তখন পুনরায় ওজন লও। ধরা যাউক,

ক্যালরিমিটারের জল-সম $= W$ gms

খালি ক্যালরিমিটারের ওজন $= m_1$ gms

ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডাজলের ,, $= m_2$ gms

,, + ঠাণ্ডাজল + গরম জলের ওজন $= m_3$ gms

ঠাণ্ডাজলের তাপমাত্রা $= t_1$°C

গরমজলের ,, $= t_2$°C

মিশ্রিত জলের সর্বোচ্চ ,, $= t$°C

ঠাণ্ডা জলের ওজন $= (m_2 - m_1)$ gms $= m$ gms (ধর)।

যে গরম জল মিশানো হইল উহার ওজন $= (m_3 - m_2) = M$ gms (ধর)।

এক্ষেত্রে গরম জল তাপ বর্জন করিবে এবং সেই তাপ ক্যালরিমিটার ও ঠাণ্ডা জল গ্রহণ করিবে। এখন,

গরম জল কর্তৃক বর্জিত তাপ = গরম জলের পরিমাণ × 1 × তাপমাত্রা হ্রাস।

$= M \times (t_2 - t)$ calorie [জলের আঃ তাঃ = 1]

ঠাণ্ডা ,, ,, গৃহীত ,, = ঠাণ্ডাজলের পরিমাণ × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$= m(t - t_1)$ calorie

ক্যালরিমিটার ,, ,, ,, = ক্যালরিমিটারের জল-সম × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$= W(t - t_1)$ calorie

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

কাজেই, $W(t-t_1)+m(t-t_1)=M(t_2-t)$

অথবা, $W(t-t_1)=M(t_2-t)-m(t-t_1)$

,, $W=\frac{M(t_2-t)}{t-t_1}-m$ gms.

উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের সবকিছু জানা থাকায় W নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ ঃ

(1) একটি ক্যালরিমিটারের মধ্যে 15°C তাপমাত্রায় 140 gms জল আছে। উহাতে 35°C তাপমাত্রার 150 gms জল মিশাইলে মিশ্রণের উষ্ণতা 25°C হয়। ক্যালরিমিটারের জল-সম নির্ণয় কর।

[A calorimeter contains 140 gms of water at 15°C. 150 gms of water at 35°C are mixed with it and the mixture attains a final temperature of 25°C. Calculate the water-equivalent of the calorimeter.]

উ। ধরা যাউক W = ক্যালরিমিটারের জল-সম।

গরম জল কর্তৃক বর্জিত তাপ = গরম জলের পরিমাণ × তাপমাত্রা হ্রাস

$= 150 \times (35-25)$

$= 150 \times 10 = 1500$ cal.

ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ = ঠাণ্ডা জলের পরিমাণ × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$= 140 \times (25-15) = 140 \times 10$

$= 1400$ cal.

ক্যালরিমিটার ,, ,, ,, = ক্যালরিমিটারের জল-সম × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$= W \times (25-15) = 10W$ cal

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

অতএব, $10W + 1400 = 1500$

অথবা, $10W = 100$

$\therefore \quad W = 10$ gms

(2) একটি লোহার পাত্রে 25°C তাপমাত্রায় 100 gms জল আছে। 60°C তাপমাত্রার 50 gms. জল ঐ পাত্রে ঢালা হইল এবং মিশ্রণের তাপমাত্রা

35°C হইল। বিকিরণ অথবা অন্য কোন উপায়ে তাপক্ষয় না হইলে পাত্রের জল-সম কত হইবে নির্ণয় কর। পাত্রের ওজন 238 gms হইলে লোহার আপেক্ষিক তাপ কত ?

[An iron saucepan contains 100 gms. of water at 25°C. 50 gms of water at 60°C are poured into the pan and the resultant temperature is found to be 35°C. Calculate the water-equivalent of the pan assuming no loss of heat by radiation or otherwise. If the mass of the pan be 238 gms. what is the sp. heat of iron ?] [*H. S. Exam (comp) 1960*]

উ। ধর, পাত্রের জলসম $= W$ gms.

এখন, উষ্ণ জল কর্তৃক বর্জিত তাপ = উষ্ণ জলের ভর × তাপমাত্রার হ্রাস

$$= 50\,(60 - 35)$$
$$= 1250 \text{ cal.}$$

পাত্র কর্তৃক গৃহীত তাপ = পাত্রের জলসম × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$= W\,(35 - 25) = 10W \text{ cal.}$$

পাত্রের ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ = জলের ভর × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$= 100\,(35 - 25) = 1000 \text{ cal.}$$

যেহেতু গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

কাজেই, $10W + 1000 = 1250$

$\therefore \quad 10W = 250$

or, $W = 25$ gms.

আবার, জলসম = পাত্রের ভর × পাত্রের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ

কাজেই, $25 = 238 \times s$

$$\therefore \quad s = \frac{25}{238} = 0{\cdot}105 \text{ (প্রায়)}$$

(3) দুইটি বস্তুর ঘনত্বের অনুপাত 2 : 3 এবং আপেক্ষিক তাপ 0·12 এবং 0·09 ; বস্তু দুইটির প্রতি একক আয়তনের তাপগ্রাহিতার অনুপাত নির্ণয় কর।

[The densities of two substances are as 2 : 3 and their specific heats are 0·12 and 0·09 respectively. Compare their thermal capacities per unit volume.]

উ। ধর, বস্তু দুইটির ঘনত্ব যথাক্রমে 2ρ এবং 3ρ.

এখন, প্রতি একক আয়তনে উহাদের ভর হইবে $1 \times 2\rho$ এবং $1 \times 3\rho$.

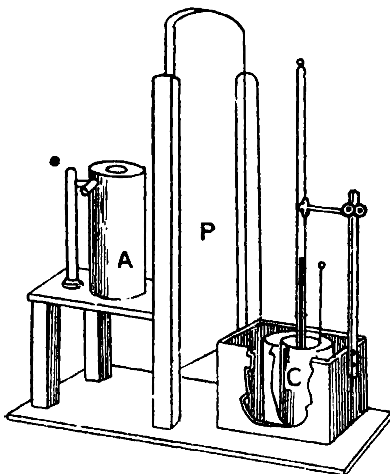
যেহেতু তাপগ্রাহিতা = ভর × আপেক্ষিক তাপ
কাজেই, প্রথম বস্তুর তাপগ্রাহিতা $= 1 \times 2\rho \times 0{\cdot}12$
এবং দ্বিতীয় ,, ,, $= 1 \times 3\rho \times 0{\cdot}09$

$$\text{উহাদের অনুপাত} = \frac{1 \times 2\rho \times 0{\cdot}12}{1 \times 3\rho \times 0{\cdot}09} = \frac{2 \times 12}{3 \times 9} = \frac{8}{9}.$$

2-12. মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় (Determination of specific heat of a solid by the method of mixture) :

মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ের জন্য একটি বিশেষ ধরনের যন্ত্র ব্যবহার করিতে হয়। ইহাকে রেনোর যন্ত্র (Regnault's apparatus) বলা হয়। 2গ নং চিত্রে এই যন্ত্রের ছবি দেখানো হইল। এই যন্ত্র ব্যবহারের ফলে পরিবহণ প্রভৃতি পদ্ধতিতে তাপক্ষয় নিবারিত হয়।

যন্ত্রের বিবরণ : A একটি স্টীমতাপনী প্রকোষ্ঠ (steam heater)। 2ঘ নং চিত্রে ইহাকে আলাদা করিয়া দেখানো হইয়াছে। A এবং B দুইটি ধাতব চোঙ (2ঘ নং চিত্র)। A চোঙটির নীচের মুখ আলাদা একটি ঢাক্‌না দিয়া বন্ধ এবং এই ঢাকনা ইচ্ছামত সরানো বা লাগানো যায়। চোঙের উপরের মুখ কর্ক দিয়া আঁটকানো এবং এই কর্কের একটি ছিদ্র দিয়া থার্মোমিটার (T) ও অপর একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র দিয়া সূতা গলাইবার ব্যবস্থা আছে। B চোঙের উপর দিকের একটি মুখ দিয়া স্টীম ঢুকিতে পারে এবং A ও B চোঙের মাঝখান দিয়া তলার মুখ হইতে বাহির হইয়া যাইতে পারে। এই ব্যবস্থার ফলে A চোঙের ভিতরকার বস্তু স্টীমের তাপমাত্রা পাইবে অথচ স্টীমের সহিত সাক্ষাৎ সংস্পর্শ হইবে না।



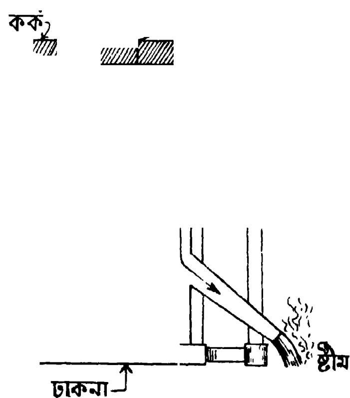
আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়ে রেনোর যন্ত্র
চিত্র 2গ

2গ নং চিত্রে সম্পূর্ণ যন্ত্রের ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। A হইতেছে পূর্ববর্ণিত স্টীম-তাপনী। C একটি ক্যালরিমিটার—ইহা অন্য একটি তামার

পাত্রের ভিতর রক্ষিত এবং মধ্যবর্তী স্থান ফেল্ট দ্বারা পূর্ণ। ইহা তাপক্ষয় নিবারণ করিবে। ক্যালরিমিটারের সহিত যাহাতে স্টীম-তাপনীর কোন তাপীয় (thermal) সংযোগ না হইতে পারে সেইজন্য দুইয়ের মাঝখানে একটি কাঠের পার্টিশান P আছে। ইহাকে ইচ্ছামত উপরে বা নীচে তোলা যায়। পার্টিশানকে উপরে তুলিয়া ক্যালরিমিটার C-কে স্টীম-তাপনীর তলায় লইয়া যাওয়া হয়।

কার্যপদ্ধতি (Procedure) : পরীক্ষাধীন কঠিন পদার্থের একটি সুবিধামত টুক্‌রা লও এবং ইহার ওজন নির্ণয় কর। স্টীম-তাপনীর ভিতর সূতা দিয়া ঝুলাইয়া ইহাকে উত্তপ্ত কর (2ঘ নং চিত্র)।

ইতিমধ্যে ক্যালরিমিটার আলোড়কসহ ওজন কর। পরে ক্যালরিমিটারের দুই-তৃতীয়াংশ ঠাণ্ডা জলে ভর্তি করিয়া ওজন লও ও ঠাণ্ডা জলের তাপমাত্রা দেখ। ইতিমধ্যে স্টীম-তাপনীতে রক্ষিত বস্তু স্টীমের তাপমাত্রা লাভ করিবে। ইহা থার্মোমিটারের সাহায্যে পড়। অতঃপর P পার্টিশান তুলিয়া ধরিয়া ক্যালরিমিটারকে স্টীম তাপনীর তলায় আন (2গ নং চিত্র)। তাপনীর তলার ঢাক্‌নী সরাইয়া লও এবং তাড়াতাড়ি সূতা ছিঁড়িয়া বস্তুকে ক্যালরিমিটারের জলের ভিতর ফেলিয়া দাও। সঙ্গে সঙ্গে ক্যালরিমিটারকে P-পার্টিশানের ডানদিকে সরাইয়া লইয়া আলোড়কের সাহায্যে জল নাড়িতে থাক। একটি থার্মোমিটার উক্ত ক্যালরিমিটারের ভিতর ডুবাইয়া দাও। এস্থলে উত্তপ্ত বস্তু জলকে ও ক্যালরিমিটারকে তাপ প্রদান করিবে। ফলে জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে। যখন তাপমাত্রা আর বাড়িবে না তখন সেই চূড়ান্ত (final) তাপমাত্রা পড়।



স্টীম-তাপনী
চিত্র 2ঘ

[N. B. লেখকের 'ব্যবহারিক পদার্থ বিজ্ঞানে' বিশদ বিবরণ দ্রষ্টব্য।]

গণনা (Calculation) :

ধর, পদার্থের আপেক্ষিক তাপ $= s$

বস্তুর ওজন $= M$ gms

ক্যালরিমিটারের ওজন $= m_1$ gms.

ক্যালরিমিটার + ঠাণ্ডা জলের ওজন $= m_2$ gms

ঠাণ্ডা জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_1$°C

কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_2$°C

ক্যালরিমিটার, কঠিন বস্তু ও জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা $= t$°C

এস্থলে উত্তপ্ত কঠিন বস্তুটি তাপ বর্জন করিবে এবং সেই তাপ ক্যালা মিটার ও উহার ভিতরকার ঠাণ্ডা জল গ্রহণ করিবে।

কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ $= M \times s \times (t_2 - t)$ cal

ক্যালরিমিটার ,, গৃহীত ,, $= m_1 s_1 \times (t - t_1)$ cal

[$s_1 =$ ক্যালরিমিটার যে-পদার্থের তৈয়ারী উহার আঃ তাঃ]।

ঠাণ্ডা জল কর্তৃক গৃহীত তাপ $= (m_2 - m_1)(t - t_1)$ cal.

$= m(t - t_1)$ cal.

[ধরা যাউক ঠাণ্ডা জলের ওজন $= m$, $\therefore \quad m = m_2 - m_1$]

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

অতএব, $Ms\,(t_2 - t) = m(t - t_1) + m_1 s_1 (t - t_1)$

$$= (t - t_1)(m + m_1 s_1)$$

$$\therefore \quad s = \frac{(t - t_1)(m + m_1 s_1)}{M(t_2 - t)}.$$

যদি ক্যালরিমিটারের জল-সম w হয় তবে $w = m_1 s_1$. সেক্ষেত্রে,

$$s = \frac{(t - t_1)(m + w)}{M(t_2 - t)}.$$

পরীক্ষায় ত্রুটির কারণ ও উহার প্রতিকার :

(1) উত্তপ্ত বস্তুকে ষ্টীম-তাপনী হইতে ক্যালরিমিটারে ফেলিবার সময় কিছু তাপ নষ্ট হয়। ইহার ফলে প্রাপ্ত ফল ত্রুটিপূর্ণ হয়।

(2) পরিবহণ ও বিকিরণের দরুন কিছু তাপ ক্ষয় হয়। কিন্তু Regnault-এর ব্যবস্থাতে পরিবহণজনিত তাপক্ষয় অনেকাংশে নিবারিত হয়। বিকিরণের

দরুন যে ত্রুটি আসে তাহা দূর করিতে হইলে জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রা হইতে যত বেশী হইবে জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা বরফজলের সাহায্যে ঘরের তাপমাত্রা হইতে তত কম করিয়া লইতে হইবে। ইহার ফলে পরীক্ষার শেষে বিকিরণের দরুন যে তাপক্ষয় হইবে পরীক্ষার প্রথমে ঠিক সেই পরিমাণ তাপ সঞ্চিত হইবে এবং প্রাপ্ত ফল নির্ভুল হইবে।

(3) জলের প্রাথমিক ও চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করিতে খুব সুবেদী (sensitive) থার্মোমিটার ব্যবহার করা উচিত।

(4) উত্তপ্ত কঠিন বস্তুটি ক্যালরিমিটারের জলে ফেলিবার সময় সাবধানতা অবলম্বন করিতে হইবে যাহাতে জল ছিটকাইয়া না পড়ে।

(5) এমন কঠিন পদার্থ লইতে হইবে যাহা জলে দ্রবণীয় নয়। কারণ দ্রবণীয় হইলে কিছু লীন-তাপ কঠিন পদার্থ দ্রবণ হইতে গ্রহণ করিবে যাহার হিসাব করা সম্ভব হইবে না।

(6) কঠিন পদার্থ ও জলের ভিতর রাসায়নিক ক্রিয়া হইলে চলিবে না। কারণ প্রত্যেক রাসায়নিক ক্রিয়াতেই কিছু পরিমাণ তাপের উদ্ভব বা শোষণ হয় যাহা উপরোক্ত হিসাবে আসে না।

2-13. মিশ্রণ পদ্ধতিতে তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় (Determination of specific heat of liquid by the method of mixtures) :

মিশ্রণ পদ্ধতিতে তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করিতে হইলে কঠিন পদার্থের ন্যায় একই পরীক্ষা-ব্যবস্থা অবলম্বন করিতে হইবে। শুধু ক্যালরিমিটারে জল না লইয়া পরীক্ষাধীন তরল লইতে হইবে এবং এমন একটি কঠিন পদার্থ বাছিয়া লইতে হইবে যাহার আপেক্ষিক তাপ জানা আছে এবং যাহার সহিত পরীক্ষাধীন তরলের কোন রাসায়নিক ক্রিয়া হইবে না। মনে কর,

কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ $= s$

পদার্থখণ্ডের ওজন $= M$ gms

ক্যালরিমিটারের ওজন $= m_1$ gms

তরলের ওজন $= m$ gms

তরলের প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_1°$ C

কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_2°$ C

ক্যালরিমিটার, কঠিন বস্তু এবং তরলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা $= t°$ C

তরলের আপেক্ষিক তাপ $= s_2$

এক্ষেত্রে, কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ $= M \times s \times (t_2 - t)$ cal

ক্যালরিমিটার এবং তরল কর্তৃক গৃহীত তাপ

$$= (m_1 s_1 + m s_2)\ (t - t_1) \text{ cal.}$$

[s_1 = ক্যালরিমিটারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ]

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

অতএব, $Ms\ (t_2 - t) - (m_1 s_1 + m s_2)(t - t_1)$

$$\therefore \quad m_1 s_1 + m s_2 = \frac{Ms(t_2 - t)}{t - t_1}$$

$$\therefore \quad s_2 = \frac{Ms(t_2 - t)}{m(t - t_1)} - \frac{m_1 s_1}{m}$$

উদাহরণ ঃ

(1) একখণ্ড কঠিন বস্তুর ওজন 500 gms ও তাপমাত্রা 100°C ; ইহাকে 12°C তাপমাত্রায় 100 gms জলের ভিতর ফেলা হইল। যদি ক্যালরিমিটারের জল-সম 10 gms হয় এবং ক্যালরিমিটারের জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া 49°C হয়, তবে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর।

[A solid weighs 500 gms and is at 100°C. It is dropped into 100 gms of water at 12°C. If the water equivalent of the calorimeter be 10 gms, calculate the sp. heat of the solid, the final temperature of the mixture being 49°C.]

উ। এস্থলে উত্তপ্ত কঠিন বস্তুটি তাপ বর্জন করিবে এবং ক্যালরিমিটার ও তৎসহ জল সেই তাপ গ্রহণ করিবে।

ধরা যাউক কঠিন পদার্থের আঃ তাঃ $= s$

কঠিন বস্তু কর্তৃক বর্জিত তাপ = বস্তুর ভর × ইহার আঃ তাঃ × তাপমাত্রা হ্রাস

$$= 500 \times s \times (100 - 49) \text{ cal.}$$

$$= 25500 \times s \text{ cal.}$$

জল কর্তৃক গৃহীত তাপ = জলের ভর × ইহার আঃ তাঃ × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$= 100 \times 1 \times (49 - 12) \text{ cal.}$$

$$= 3700 \text{ cal.}$$

ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ = ইহার জল-সম × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$= 10 \times (49 - 12) \text{ cal.}$$

$$= 370 \text{ cal.}$$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

অতএব, $25500 \times s = 3700 + 370 = 4070$

$$\therefore \quad s = \frac{4070}{25500} = \cdot 16 \text{ (প্রায়)}$$

(2) তিন কিলোগ্রাম তামার তাপমাত্রা 0°C হইতে 10°C বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহা এক কিলোগ্রাম সীসার তাপমাত্রা 10°C হইতে 100°C বৃদ্ধি করে। তামার আপেক্ষিক তাপ ·093 হইলে সীসার কত ?

[The heat required to raise three kilograms of copper from 0°C to 10°C raises one kilogram of lead from 10°C to 100°C. If the sp. heat of copper be ·093, find that of lead.]

উ। ধরা যাউক, সীসার আঃ তাঃ = s

তিন কিলোগ্রাম তামার 10°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ

= তামার ভর × ইহার আঃ তাঃ × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$= 3000 \times \cdot 093 \times 10$ cal. [3 kgm. = 3000 gm.]

এক কিলোগ্রাম সীসার তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ

= সীসার ভর × ইহার আঃ তাঃ × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$= 1000 \times s \times (100 - 10) = 1000 \times s \times 90$ cal.

যেহেতু এই দুই তাপ সমান, অতএব

$$1000 \times s \times 90 = 3000 \times \cdot 093 \times 10$$

$$\text{অথবা } s = \frac{3000 \times \cdot 093 \times 10}{1000 \times 90} = \cdot 031$$

(3) একটি ক্যালরিমিটারে 16°C তাপমাত্রায় 85 gms জল আছে ; উহার ভিতর 100°C তাপমাত্রায় 80 gms ওজনের একটি মার্বেল টুকরা ফেলা হইল। জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 29·8°C হইল। মার্বেলের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর। [ক্যালরিমিটারের জল সম = 4·53 gms]

[A calorimeter contains 85 gms of water at 16°C. A piece of marble weighing 80 gms heated to 100°C is dropped into the water. The final temp. of water is 29·8°C. Calculate

the sp. heat of marble. The water equivalent of calorimeter $=4{\cdot}53$ gms.]

উ। ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ $=4{\cdot}53\,(29{\cdot}8-16)$ cal

জল „ „ „ $=85\,(29{\cdot}8-16)$ cal

উত্তপ্ত মার্বেল „ বর্জিত „ $=80\times s\times(100-29{\cdot}8)$ cal.

[$s=$মার্বেলের আপেক্ষিক তাপ]

যেহেতু, গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

অতএব, $4{\cdot}53\,(29{\cdot}8-16)+85\,(29{\cdot}8-16)=80\times s\,(100-29{\cdot}8)$

বা, $(29{\cdot}8-16)\,(4{\cdot}53+85)=80\times s\,(100-29{\cdot}8)$

বা, $13{\cdot}8\times89{\cdot}53=80\times s\times70{\cdot}2$

$$\therefore\quad s=\frac{13{\cdot}8\times89{\cdot}53}{80\times70{\cdot}2}$$

$=0{\cdot}22$ (প্রায়)

(4) A, B এবং C তিনটি তরল পদার্থ। 60° তাপমাত্রায় 4 gms A তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm C-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 55°C হয়। আবার, 60°C তাপমাত্রায় 1 gm A-তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm B-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 55°C হয়। 60°C তাপমাত্রায় 1 gm B-তরল এবং 50°C তাপমাত্রায় 1 gm C-তরল মিশাইলে মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে ?

[Three liquids A, B and C are given. 4 gms of A at 60°C and 1 gm. of C at 50°C have, after mixing, a temperature of 55°C. A mixture of 1 gm of A at 60°C and 1 gm of B at 50°C shows a temperature of 55°C. What would be the temperature of a mixture of 1 gm of B at 60°C and 1 gm of C at 50°C ?]

Hints. ধর, S_A, S_B, S_C তরল তিনটির আপেক্ষিক তাপ এবং 't' নির্ণেয় তাপমাত্রা। অতএব,

প্রথম ক্ষেত্রে $4\times S_A\times5=1\times S_C\times5$ ....(i)

দ্বিতীয় „ $1\times S_A\times5=1\times S_B\times5$ ....(ii)

তৃতীয় „ $1\times S_B\times(60-t)=1\times S_C\times(t-50)$ ...(iii)

এখন, 't' নির্ণয় কর। $t=52°C$

কয়েকটি কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপের তালিকা

কঠিন পদার্থ	আঃ তাঃ	তরল পদার্থ	আঃ তাঃ
পিতল	0·09	অ্যাল্‌কোহল	0·6
তামা	0·092	কেরোসিন তেল	0·45-0·5
কাচ	0·16	পারদ	0·033
লোহা	0·117	সরিষার তেল	0·5
মার্বেল	0·22	তার্পিন তেল	0·42
বরফ	0·51		

2-14. উচ্চ তাপমাত্রা পরিমাপে ক্যালরিমিতির প্রয়োগ (Application of calorimetry in measuring high temperature) :

কোন চুল্লী (furnace) বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রার মত উচ্চ তাপমাত্রা থার্মোমিটারের সাহায্যে সরাসরি মাপিবার অনেক অসুবিধা আছে। ক্যালরিমিতির প্রয়োগে এই তাপমাত্রা সহজে এবং মোটামুটি নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা যায়। এই পদ্ধতিতে এমন একটি কঠিন বস্তুর সাহায্য লইতে হইবে যাহার গলনাঙ্ক (melting point) উক্ত তাপমাত্রা অপেক্ষা বেশী—অর্থাৎ ঐ চুল্লী বা অগ্নিশিখায় কঠিন বস্তুটি রাখিলে উহা গলিয়া যাইবে না। তাছাড়া, পদার্থটির আপেক্ষিক তাপ জানা থাকিতে হইবে। আলোচ্য পদ্ধতিটি 2-12 অনুচ্ছেদে বিবৃত মিশ্রণ উপায়ে কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় পদ্ধতির সহিত অবিকল একরকম। শুধু তফাৎ এই যে, বস্তুটিকে স্টীম-তাপনীতে রাখিয়া স্টীমের তাপমাত্রা লাভ করাইবার পরিবর্তে চুল্লী বা অগ্নিশিখায় রাখিতে হইবে। ইহাতে বস্তুটি চুল্লী বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রা পাইবে। অতঃপর 2-12 অনুচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুসরণ করিলে ঐ স্থানে যে শেষ সমীকরণটি লিখিত আছে উহার সাহায্যে কঠিন বস্তুর প্রাথমিক তাপমাত্রা t°C নির্ণয় করা যাইবে এবং উহাই হইবে চুল্লী বা অগ্নিশিখার তাপমাত্রা। নিম্নবর্ণিত উদাহরণটি এই পদ্ধতির ব্যাখ্যা স্বরূপ গণ্য করা যাইতে পারে।

উদাহরণ ঃ

একটি চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয়ের জন্য 80 gms ওজনের একটি প্লাটিনামের বল উহার ভিতর রাখা হইল। যখন বলটি চুল্লীর তাপমাত্রা লাভ করিল তখন উহাকে দ্রুত একটি জলপূর্ণ ক্যালরিমিটারে স্থানান্তরিত করা হইল। জলসহ ক্যালরিমিটারের তাপমাত্রা 15°C হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 20°C হইল। জলের ওজন ও ক্যালরিমিটারের জল-সম উভয়ে মিলিয়া 400 gms হইলে চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয় কর। প্ল্যাটিনামের আঃ তাঃ = 0·0365.

[In order to determine the temperature of a furnace, a platinum ball weighing 80 gms is introduced into it. When it has acquired the temperature of the furnace, it is transferred quickly to a calorimeter containing water at 15°C. The temperature rises to 20°C. If the weight of water, together with the water-equivalent of the calorimeter be 400 gms, calculate the temperature of the furnace. Sp. heat of platinum = 0·0365.]

উ। ধর, চুল্লীর তাপমাত্রা = t°C. স্থতরাং প্ল্যাটিনাম বলের প্রাথমিক তাপমাত্রা = t°C,

উত্তপ্ত বল কর্তৃক বর্জিত তাপ = বলের ভর × প্ল্যাটিনামের আঃ তাঃ × তাপমাত্রা হ্রাস

$$= 80 \times \cdot 0365 \times (t - 20)$$
$$= 8 \times \cdot 365 \times (t - 20)$$
$$= 2{\cdot}92\, t - 58{\cdot}4 \text{ cal.}$$

জল ও ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ = জল-সম × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$$= 400 \times (20 - 15)$$
$$= 400 \times 5$$
$$= 2000 \text{ cal.}$$

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

$$\therefore \quad 2{\cdot}92\, t - 58{\cdot}4 = 2000$$
$$\text{or,} \quad 2{\cdot}92\, t = 2058{\cdot}4$$
$$\text{or,} \quad t = \frac{2058{\cdot}4}{2{\cdot}92} = 704{\cdot}9° \text{ C.}$$ (প্রায়)

2-15. জলের আপেক্ষিক তাপ উচ্চ হইবার ফল (Effects of high specific heat of water) :

জলের আপেক্ষিক তাপ 1 এবং ইহা অন্যান্য কঠিন ও তরল পদার্থের আপেক্ষিক তাপ অপেক্ষা বেশী। নির্দিষ্ট পরিমাণ জল 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য যে-তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিবে সমভর যে-কোন কঠিন বা তরল পদার্থ ঐ তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য অনেক কম তাপ গ্রহণ বা বর্জন করিবে। জলের এই উচ্চ আপেক্ষিক তাপের জন্য জলকে আমরা তাপশক্তির এক বিরাট ভাণ্ডার (store-house) বলিয়া মনে করিতে পারি এবং ইহা উষ্ণ অথবা শীতলীকরণের একটি বিশেষ সহায়ক বস্তু। শীতলীকরণের জন্য স্টীম-এঞ্জিন বা পেট্রল এঞ্জিনে জল ব্যবহৃত হয় এবং উষ্ণকরণের জন্য গরমজলের বোতল বা গরমজলের ব্যাগ (hot-water bag) ব্যবহার করা হয়। তাছাড়া শীতপ্রধান দেশে বাড়ীঘর গরম রাখিবার জন্য পাইপের সাহায্যে ঘরে ঘরে গরম জলের প্রবাহ পাঠানো হয়। সমুদ্রের বিরাট জলরাশিতে প্রচুর তাপশক্তি সঞ্চিত থাকে। ইহা নানারকম ভাবে সমুদ্র-তীরবর্তী স্থানসমূহের জলবায়ুকে প্রভাবান্বিত করে। সমুদ্রতীরস্থ স্থান নাতিশীতোষ্ণ—অর্থাৎ শীতকালে খুব ঠাণ্ডা হয় না আবার গ্রীষ্মে খুব গরম হয় না। তাই বলা হয় সমুদ্র উপকূলে চিরবসন্ত বিদ্যমান। জলের আপেক্ষিক তাপ উচ্চ হওয়ায়, জল অপেক্ষা স্থল দ্রুত উত্তপ্ত হয় এবং তাপ অভাবে দ্রুত ঠাণ্ডা হয়। ইহার ফলে স্থলবায়ু ও সমুদ্রবায়ুর (land and sea breeze) উদ্ভব হয়।

2-16. লীন-তাপ (Latent heat) :

কোন বস্তুতে তাপ প্রয়োগ করিলে বস্তুর তাপমাত্রার পরিবর্তন হয়। থার্মোমিটারের সাহায্যে এই তাপমাত্রার পরিবর্তন লক্ষ্য করিয়া আমরা বুঝিতে পারি যে বস্তুটি তাপ গ্রহণ করিতেছে। কিন্তু 0°C তাপমাত্রায় একখণ্ড বরফে যদি তাপ প্রদান করা হয় তবে দেখা যাইবে যে থার্মোমিটার কোন তাপমাত্রা পরিবর্তন দেখাইতেছে না। অথচ তাপ গ্রহণ করিয়া বরফ আস্তে আস্তে গলিয়া যাইতেছে। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত বরফ টুকরাটি গলিয়া জল হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত তাপ প্রদান সত্ত্বেও তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হইবে না। পরে যখন বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া জল হইবে তখন সেই জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। তাহা হইলে বরফ টুকরাটির গলন শুরু হইতে শেষ পর্যন্ত যে-তাপ প্রদান করা হইল তাহা কোথায় গেল ? এই তাপ বরফ টুকরাটির গলনের সাহায্য করিল এবং ইহার কোন বাহ্যিক প্রকাশ হইল না। **এইরূপ যে-কোন পদার্থ কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত**

হইতে কিছু তাপ গ্রহণ করে যাহা থার্মোমিটারের সাহায্যে ধরা যায় না। এইজন্য এই তাপকে **লীন-তাপ** বলে।

আবার খানিকটা জল লইয়া যদি আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা করা যায় তবে থার্মোমিটারে তাপমাত্রার হ্রাস দেখা যাইবে। জল ঠাণ্ডা করার অর্থ এই যে জল উহার নিজস্ব তাপ আস্তে আস্তে বর্জন করিতেছে। এইভাবে তাপবর্জন করিতে করিতে যখন জলের তাপমাত্রা 0°C পৌঁছাইবে, তখন জল জমিয়া বরফ হইতে শুরু করিবে। ঠিক তখনই থার্মোমিটারে আর কোন তাপমাত্রা পরিবর্তন দেখা যাইবে না। যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত জল বরফে পরিণত হইবে ততক্ষণ তাপমাত্রা 0° সেন্টিগ্রেডেই থাকিবে যদিও সমস্ত সময়ই জল তাপ বর্জন করিতে থাকিবে। এইরূপ যে-কোন তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে কিছু তাপ বর্জন করে যাহা থার্মোমিটারের সাহায্যে ধরা যায় না। ইহাকেও লীন-তাপ বলে।

অর্থাৎ, **পদার্থের অবস্থান্তর হইলেই উহা কিছু তাপ গ্রহণ বা বর্জন করে যাহার বাহ্যিক প্রকাশ হয় না।** এই তাপকেই **লীন-তাপ** বলা হয় কারণ এই তাপ পদার্থে লীন (hidden) হইয়া থাকে।

• 2-17. গলনের লীন-তাপ (Latent heat of fusion) :

তাপমাত্রার কোনরূপ পরিবর্তন না করিয়া কোন পদার্থের এক একক ভরকে কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যে-তাপের প্রয়োজন উহাকে উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলা হয়।

সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে ভরের একক গ্রাম ও তাপের একক ক্যালরি। সুতরাং এই পদ্ধতিতে কোন পদার্থের এক গ্রাম ভরকে তাপমাত্রা পরিবর্তন না করিয়া কঠিন হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যত ক্যালরি তাপ প্রয়োজন হয় উহাকেই উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলা হইবে।

যেমন, **বরফ গলনের লীন-তাপ 80 ক্যালরি।** ইহার অর্থ এই যে 0° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফকে 0° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় 1 গ্রাম জলে পরিণত করিতে 80 ক্যালরি তাপ প্রদান করিতে হইবে।

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে 0°C তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফের সহিত 0°C তাপমাত্রার 1 গ্রাম জলের পার্থক্য আছে। পার্থক্য এই যে উক্ত জলে উক্ত বরফ অপেক্ষা 80 ক্যালরি বেশী তাপ রহিয়াছে।

এই কারণে 0°C তাপমাত্রায় জল রাখিলে জল তরল অবস্থাতেই থাকিবে। উহাকে বরফে পরিণত করিতে হইলে উহা হইতে গ্রাম প্রতি 80 ক্যালরি তাপ নিষ্কাশন করিতে হইবে। অর্থাৎ 0°C তাপমাত্রায় 1 গ্রাম জল যখন 0°C তাপমাত্রায় 1 গ্রাম বরফে পরিণত হইবে তখন উহা 80 ক্যালরি তাপ বর্জন করিবে।

এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বরফ গলনের লীন-তাপ প্রকাশ করিতে হইলে বরফের ভরকে পাউণ্ডে এবং তাপকে বৃটিশ থার্মাল এককে প্রকাশ করিতে হইবে। যেহেতু 1 lb = 453·6 gms এবং 1 B. Th. U. = 252 calories, এফ্. পি. এস্. পদ্ধতিতে বরফ গলনের লীন-তাপ হইবে $= \frac{80 \times 453 \cdot 6}{252}$ = 144 B. Th. U.

2-18. মিশ্রণ উপায়ে বরফ গলনের লীন তাপ নির্ণয় (Determination of latent heat of fusion of ice by the method of mixture) ঃ

একটি শুষ্ক ও পরিষ্কার ক্যালরিমিটার আলোড়ক সহ ওজন কর। আলোড়কটিতে একটি পাতলা তারের জাল (wire-guage) দিয়া নিতে হইবে। ক্যালরিমিটারের $\frac{2}{3}$ অংশ জলপূর্ণ করিয়া উহাকে পুনরায় ওজন কর। এই দুই ওজনের পার্থক্য হইতে জলের ওজন পাওয়া যাইবে। ক্যালরিমিটারে থার্মোমিটার প্রবেশ করাইয়া জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা দেখ।

অতঃপর কয়েক টুক্‌রা বরফ ব্লটিং কাগজ দ্বারা শুষ্ক করিয়া তাড়াতাড়ি ক্যালরিমিটারের জলে ফেলিয়া দাও এবং আলোড়কের জালদ্বারা সর্বদা জলের ভিতর রাখিয়া আস্তে আস্তে নাড়িতে থাক। বরফ গলিতে থাকিবে এবং জলের তাপমাত্রা কমিতে থাকিবে। যখন সমস্ত বরফ গলিয়া যাইবে তখন জলের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা লক্ষ্য কর।

কিছুক্ষণ অপেক্ষা করিয়া যখন ক্যালরিমিটার ঘরের তাপমাত্রা লাভ করিবে তখন উহাকে পুনরায় ওজন কর। দ্বিতীয় ওজন হইতে এই ওজনের পার্থক্য যতটা বরফ লওয়া হইল উহার ওজনের সমান।

গণনা ঃ

ধরা যাউক, বরফ গলনের লীন-তাপ = L cal.

ক্যালরিমিটারের ওজন = m_1 gms.

ক্যালরিমিটার + জলের ওজন $= m_2$ gms.

ক্যালরিমিটার + জল + বরফগলা জলের ওজন $= m_3$ gms

ক্যালরিমিটার ও জলের প্রাথমিক তাপমাত্রা $= t_1$°C

ক্যালরিমিটার, জল ও বরফগলা জলের সর্বনিম্ন তাপমাত্রা $= t_2$°C

ক্যালরিমিটার যে-ধাতুতে নির্মিত উহার আঃ তাঃ $= s$

সুতরাং জলের ওজন $= m_2 - m_1 = m$ (ধর) gms.

বরফের ,, $= m_3 - m_2 = M$ (ধর) gms.

এস্থলে ক্যালরিমিটাব ও জল হইতে বরফ তাপ গ্রহণ করিবে এবং এই তাপ প্রথমে বরফকে গলাইয়া 0°C তাপমাত্রায় জলে পরিণত করিবে ও পরে সেই বরফ গলা জলকে 0°C হইতে t_2°C তাপমাত্রায় পৌছাইয়া দিবে।

এখন, শুধু বরফ গলিবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ

= বরফের ভর × গলনের লীন-তাপ

$= ML$ cal.

বরফ গলা জলের 0°C হইতে t_2°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ

= বরফ গলা জল × তাপমাত্রা বৃদ্ধি

$= M\ (t_2 - 0) = M.t_2$ cal.

সুতরাং বরফ কর্তৃক মোট গৃহীত তাপ $= ML + Mt_2$ cal.

এবং ক্যালরিমিটার কর্তৃক বর্জিত তাপ = ইহার ভর × ইহার আঃ তাঃ × তাপমাত্রা হ্রাস

$= m_1 \times s \times (t_1 - t_2)$ cal.

জল কর্তৃক বর্জিত তাপ = ইহার ভর × তাপমাত্রা হ্রাস

$= m(t_1 - t_2)$ cal.

সুতরাং মোট বর্জিত তাপ $= m_1 s(t_1 - t_2) + m(t_1 - t_2)$ cal.

যেহেতু গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

অতএব, $ML + Mt_2 = m_1 s(t_1 - t_2) + m(t_1 - t_2)$

$= (t_1 - t_2)(m_1 s + m)$

$\therefore\ ML = (t_1 - t_2)(m_1 s + m) - Mt_2$

অথবা $L = \dfrac{(t_1 - t_2)(m_1 s + m)}{M} - t_2$

যদি W = ক্যালরিমিটারের জল-সম, তবে $W = m_1 s$ এবং সেক্ষেত্রে,

$$L = \frac{(t_1 - t_2)(W + m)}{M} - t_2$$

পরীক্ষায় ত্রুটির কারণ ও উহার প্রতিকার ঃ

(1) বরফ শুষ্ক থাকা উচিত। কারণ বরফের গায়ে জল থাকিলে ঐ জল কিছু তাপ গ্রহণ করিবে যাহা হিসাবে ধরা যাইবে না।

(2) বরফকে কখনও জলে ভাসিতে দেওয়া উচিত নয়; কারণ ভাসিতে থাকিলে বরফের যে-অংশ জলের বাহিরে থাকিবে তাহা বাহির হইতে তাপ গ্রহণ করিবে—জল হইতে করিবে না। ইহার ফলে হিসাবে ত্রুটি আসিবে। এইজন্য তারের জালযুক্ত আলোড়ক দ্বারা বরফকে সর্বদা জলে ডুবাইয়া রাখিতে হয়।

(3) খুব বেশী বরফ জলে ফেলা ভাল নয়। কারণ তাহাতে ক্যালরিমিটারের গায়ে জলীয়-বাষ্প জমিয়া যাইতে পারে এবং প্রাপ্তফল ত্রুটিপূর্ণ হইতে পারে।

(4) ক্যালরিমিটারের জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা ঘরের তাপমাত্রার কম হওয়াতে ক্যালরিমিটার বিকিরণের দরুন বাহির হইতে কিছু তাপ গ্রহণ করিবে। এই তাপ হিসাবে আসে না বলিয়া ফল ত্রুটিপূর্ণ হইতে পারে। এইজন্য ক্যালরিমিটারের জলকে পূর্বাহ্নেই ঘরের তাপমাত্রা হইতে 4°C কি 5°C বেশী উষ্ণ করিয়া রাখিলে ভাল হয়।

কয়েকটি পদার্থ গলনের লীন-তাপের তালিকা

পদার্থ	লীন-তাপ
বরফ	80 cal.
সীসা	5·86 ,,
রূপা	21·07 ,,
টিন	14·0 ,,

উদাহরণ ঃ

(1) একটি তামার ক্যালরিমিটারের ওজন 112·5 gms এবং খানিকটা জল ভর্তি করায় ওজন হইল 187·5 gms. জলের তাপমাত্রা 30°C; ইহাতে কয়েক টুকরা বরফ ফেলাতে তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া 24·5°C হইল। পরে

ক্যালরিমিটার ওজন করা হইল এবং দেখা গেল ওজন 192 gms. যদি তামার আঃ তাঃ 0·1 হয়, তবে বরফ গলনের লীন-তাপ নির্ণয় কর।

[A copper calorimeter weighs 112·5 gms. and with certain amount of water it weighs 187·5 gms. The temperature of water is 30°C. When a few pieces of ice are dropped in water, the temperature falls to 24·5°C. When the calorimeter is re-weighed it was found to be 192 gms. If the sp. heat of copper be 0·1, calculate the latent heat of fusion of ice.]

উ। ধর, বরফ গলনের লীনতাপ = L cal.

জলের ওজন = 187·5 − 112·5 = 75 gms.

বরফের ,, = 192 − 187·5 = 4·5 ,,

শুধু বরফ গলিবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ = বরফের ভর × লীন-তাপ
= 4·5 L cal.

বরফ গলা জলের তাপমাত্রা 0°C হইতে 24·5°C বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ
= জলের ভর × তাপমাত্রার বৃদ্ধি
= 4·5 × (24·5 − 0) = 4·5 × 24·5 = 110·25 cal.

সুতরাং মোট গৃহীত তাপ = 4·5L + 110·25 cal.

ক্যালরিমিটার কর্তৃক বর্জিত তাপ
= ইহার ভর × আঃ তাঃ × তাপমাত্রার হ্রাস
= 112·5 × 0·1 × (30 − 24·5)
= 112·5 × 0·1 × 5·5
= 61·87 cal.

জল কর্তৃক বর্জিত তাপ = ইহার ভর × তাপমাত্রার হ্রাস
= 75 × (30 − 24·5)
= 75 × 5·5
= 412·5 cal.

∴ মোট বর্জিত তাপ = 412·5 + 61·87
= 474·37 cal.

যেহেতু গৃহীত তাপ = বর্জিত তাপ

অতএব,

4·5L + 110·25 = 474·37

অথবা, 4·5 L = 364·12

সুতরাং $L = \frac{364 \cdot 12}{4 \cdot 5} = 80 \cdot 9$ cal.

(2) 2·86 gms ওজনের একখণ্ড বরফ 35°C তাপমাত্রার 45 gms কোন তেলে ছাড়িয়া দেওয়া হইল। যে-ক্যালরিমিটারের ভিতর তেল রাখা আছে উহার জল-সম 7·5 gms. তেলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 25°C হইল। তেলের আঃ তাঃ 0·5 হইলে বরফ-গলনের লীন-তাপ নির্ণয় কর।

[A piece of ice weighing 2·86 gms. is dropped into 45 gms. of an oil at 35°C. The water-equivalent of the calorimeter containing the oil is 7·5 gms. The final temperature of the oil is 25°C. If the sp. heat of the oil be 0·5, calculate the latent heat of fusion of ice.]

2·86 gms বরফ গলিবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $= 2 \cdot 86 \times L$ c.

2·86 gms বরফ গলা জল 0°C হইতে 25°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে

প্রয়োজনীয় তাপ $= 2 \cdot 86 \times (25 - 0)$

$= 2 \cdot 86 \times 25 = 71 \cdot 5$ cal.

ক্যালরিমিটার কর্তৃক বর্জিত তাপ = ইহার জল-সম × তাপমাত্রার হ্রাস

$= 7 \cdot 5 \times (35 - 25)$

$= 7 \cdot 5 \times 10$

$= 75$ cal.

তেল কর্তৃক বর্জিত তাপ = ইহার ভর × আঃ তাঃ × তাপমাত্রার হ্রাস

$= 45 \times 0 \cdot 5 \times (35 - 25)$

$= 45 \times 0 \cdot 5 \times 10$

$= 225$ cal.

যেহেতু, মোট গৃহীত তাপ = মোট বর্জিত তাপ

অতএব, $2 \cdot 86 \times L + 71 \cdot 5 = 75 + 225$

$= 300$

অথবা, $2 \cdot 86 \times L = 228 \cdot 5$

$\therefore \quad L = \frac{228 \cdot 5}{2 \cdot 86} = 79 \cdot 8$ cal. (প্রায়)

(3) -10°C তাপমাত্রায় 5 gms বরফ 39°C তাপমাত্রায় 20 gms জলে দেওয়া হইল। সমস্ত বরফ গলিবে কি? গলিলে মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা কত হইবে?

[বরফের আঃ তাঃ $= 0 \cdot 5$ এবং গলনের লীন-তাপ $= 80$ cal.]

[5 gms. of ice at -10°C are mixed with 20 gms. of water at 39°C. Will all ice melt? If so, what is the final

temperature of the mixture? Sp. heat of ice $=0{\cdot}5$ and latent heat of fusion of ice $=80$ cal.]

উ। বরফ গলিতে গেলে প্রথমত বরফকে $-10°C$ হইতে $0°C$ তাপমাত্রায় আসিতে হইবে এবং অতঃপর প্রতি গ্র্যামে 80 cal. তাপ লইয়া গলিতে হইবে। এই প্রয়োজনীয় তাপ যদি উষ্ণ জল হইতে পাওয়া যায় তবে সমস্ত বরফ গলিবে।

প্রথম স্তরের জন্য প্রয়োজনীয় তাপ = বরফের ভর × ইহার আঃ তাঃ × তাপমাত্রার বৃদ্ধি

$$= 5\times 0{\cdot}5\times[0-(-10)]$$
$$= 5\times 0{\cdot}5\times 10$$
$$= 25 \text{ cal.}$$

দ্বিতীয় স্তরের জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $=5\times 80=400$ ca

সুতরাং মোট প্রয়োজনীয় তাপ $=400+25=425$ cal.

20 gms উষ্ণ জলের $39°C$ হইতে $0°C$ তাপমাত্রা হ্রাস পাইতে মোট বর্জিত তাপ $=20\times(39-0)=20\times 39=780$ cal.

যেহেতু বর্জিত তাপ সমস্ত বরফ গলিবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ অপেক্ষা বেশী কাজেই বোঝা যাইতেছে যে সমস্ত বরফ গলিবে এবং যে অতিরিক্ত তাপ থাকিবে তাহা মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা কিছু বৃদ্ধি করিবে।

ধরা যাউক, মিশ্রিত জলের শেষ তাপমাত্রা $t°C$. কাজেই উষ্ণ জলের তাপমাত্রা $39°C$ হইতে $t°C$ হ্রাস পাইলে বর্জিত তাপ $=20\times(39-t)=780-20\times t$ cal.

বরফকে $-10°C$ হইতে $0°C$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $=25$ cal. [উপরে দেখ]।

বরফকে শুধু গলাইবার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $=5\times 80=400$ cal.

বরফ গলা জলের $0°C$ হইতে $t°C$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ $=5\times(t-0)=5\times t$ cal

যেহেতু, বর্জিত তাপ = গৃহীত তাপ

অতএব, $780-20\times t=425+5\times t$

অথবা, $25t=355$

$$\therefore\ t=\frac{355}{25}=14{\cdot}2°C.$$

সারাংশ

যে পদ্ধতিতে বস্তু কর্তৃক গৃহীত বা বর্জিত তাপ পরিমাপ করা হয় তাহাকে ক্যালরিমিতি বলে।

তাপের একক :—

(1) ক্যালরি :—এক গ্রাম জলকে $1^\circ C$ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে ক্যালরি বলে।

(2) বৃটিশ থার্মাল একক :—এক পাউণ্ড জলের $1^\circ F$ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে বৃটিশ থার্মাল একক বলে।

(3) থার্ম : 100,000 পাউণ্ড জলের $1^\circ F$ তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে থার্ম বলে।

1 বৃটিশ থার্মাল একক = 252 ক্যালরি।

আপেক্ষিক তাপ :—

কোন পদার্থের আ: তা:

$$= \frac{\text{বস্তুর একক ভরের } 1^\circ C \text{ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রয়োজনীয় তাপ}}{\text{জলের ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,,}}$$

আপেক্ষিক তাপ একটি সংখ্যামাত্র। ইহার কোন একক নাই।

কোন বস্তুর ভর যদি 'm' হয় এবং ঐ পদার্থের আপেক্ষিক তাপ s হয় তবে t° তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য গৃহীত তাপ $= m \times s \times t$ এবং t° তাপমাত্রা হ্রাসের জন্য বর্জিত তাপ $= m \times s \times t$.

তাপগ্রাহিতা :—কোন বস্তুর 1° তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে তাপ প্রয়োজন তাহাকে বস্তুর তাপগ্রাহিতা বলে।

বস্তুর জল-সম :—কোন বস্তুর $1^\circ C$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য যে-তাপ প্রয়োজন তাহা যত গ্রাম জলকে $1^\circ C$ উষ্ণ করিবে তাহাকে উক্ত বস্তুর জল-সম বলে।

ক্যালরিমিতির সূত্র :—A এবং B দুইটি বস্তুর ভিতর তাপের আদান-প্রদান হইলে ক্যালরিমিতির সূত্রানুযায়ী, A কর্তৃক বর্জিত তাপ = B কর্তৃক গৃহীত তাপ।

লীন-তাপ :—পদার্থের অবস্থান্তর হইলে উহা কিছু তাপ বর্জন বা গ্রহণ করে যাহার কোন বাহ্যিক প্রকাশ হয় না। এই তাপকে লীন-তাপ বলে।

পদার্থ গলনের লীন-তাপ :—তাপমাত্রার কোনরূপ পরিবর্তন না করিয়া কোন পদার্থের একক ভরকে কঠিন অবস্থা হইতে তরল অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে যে-তাপের প্রয়োজন উহাকে উক্ত পদার্থ গলনের লীন-তাপ বলে।

বরফ গলনের লীন-তাপ 80 ক্যালরি প্রতি গ্রামে।

প্রশ্নাবলী

1. নিম্নলিখিত রাশিগুলির সঠিক সংজ্ঞা লেখ :—(i) আপেক্ষিক তাপ (ii) ক্যালরি (iii) বৃটিশ থার্মাল একক (iv) থার্ম (v) তাপগ্রাহিতা ও (vi) জল-সম।

[Define the following terms ; (i) Specific heat (ii) Calorie (iii) British thermal unit (iv) Therm (v) Thermal capacity (vi) Water-equivalent.]

2. আপেক্ষিক তাপের সংজ্ঞা লেখ। আপেক্ষিক তাপ কি (i) ভরের একক এবং (ii) তাপমাত্রাব এককের উপব নির্ভর করে ? নির্ভব করিলে কি ভাবে করে ?

কোন কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয়েব পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Define 'specific heat' of a substance. In what way, if at all, does it depend on (a) the unit of mass employed and (b) the scale of temperature used.

Describe a method of determining ths specific heat of a solid.

[*H. S. (Comp.) 1962*]

3. 100°C তাপমাত্রায় এক পাউণ্ড লোহা ও এক পাউণ্ড সীসা বরফে বাখিলে লোহা বেশী বরফ গলায় কেন ?

[Why does a pound of iron melt more ice than a pound of lead being at a same temperature of 100°C ?]

4. সমান ভবের বিভিন্ন দ্রব্যে সমান তাপ প্রয়োগ কবিলে তাপমাত্রা কি ভিন্ন হইবে ?

[Will the temperature be different if same quantity of heat is supplied to different substances of same mass ?]

5. বস্তুর তাপগ্রাহিতা ও জলসম কাহাকে বলে ? উহাদের মধ্যে পার্থক্য কি ?

[What do you mean by thermal capacity and water-equivalent of a body ? What is the difference between the two ?] [*H. S. (comp) 1960, 1963*]

6. 'সীসার আপেক্ষিক তাপ 0·08'—ইহা ব্যাখ্যা কর। তাপগ্রাহিতার সংজ্ঞা লেখ। দুইটি একই ধরনেব কেটলীতে সম-পরিমাণ জল ও দুধ রাখিয়া আগুনের উপর পাশাপাশি রাখা হইল। জল অপেক্ষা দুধেব তাপমাত্রা বৃদ্ধি দ্রুত দেখা গেল। ইহা কারণ ব্যাখ্যা কর।

[Explain 'Specific heat of lead is 0·08'. Define 'Thermal capacity'.

Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk are placed side by side on fire. The rise of temperature of milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water. Explain.]

[*H. S. Exam. 1960*]

7. বিস্তারিত বিবরণ সহ নিম্নলিখিত বিষয়গুলির নির্ণয় পদ্ধতি বর্ণনা কর : (ক) ক্যালরিমিটারের জল-সম, (খ) কঠিন পদার্থের আপেক্ষিক তাপ, (গ) তরলের আপেক্ষিক তাপ।

[Describe in detail the methods of determining the following : (*a*) Water-equivalent of a calorimeter. (*b*) Specific heat of a solid, (*c*) Sp. heat of a liquid.] [*cf. H. S. Exam. 1960*]

8. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে গৃহীত তাপ নির্ণয় কর :—(i) 75 gms জলকে 16°C হইতে 100°C-এ উষ্ণ করিতে (ii) 86 lbs জলকে 60°F হইতে 212°F পর্যন্ত উষ্ণ করিতে (iii) 5 litres

জলকে 15°C হইতে 80°C পর্যন্ত উষ্ণ করিতে (iv) 7 gms তামাকে 15°C হইতে 200°C পর্যন্ত উষ্ণ করিতে (তামার আ: তা: = 0·1) ।

[Calculate the heat absorbed in the following cases : (i) To raise 75 gms of water from 16°C to 100°C (ii) 36 lbs of water from 60°F to 212°F (iii) 5 litres of water from 15°C to 80°C (iv) 7 gms of copper from 15°C to 200°C. (sp. ht. of Cu = 0·1)]

[Ans. (i) 6300 cal (ii) 5472 B. Th. U. (iii) 325,000 cal. (iv) 129·5 cal.]

9. নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ধাতুগুলির আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় কর :—(i) 15°C তাপমাত্রায় 200 gms জলে 100°C তাপমাত্রার 100 gms তামা ফেলাতে জলের তাপমাত্রা 19°C-এ বর্ধিত হইল, (ii) 16°C তাপমাত্রায় 100 gms জলে 99°C তাপমাত্রার 800 gms সীসা ফেলাতে জলের তাপমাত্রা 28°C-এ বর্ধিত হইল (iii) 50°F তাপমাত্রার 1·25 lb. জলে 200°F তাপমাত্রার 1 lb পারদ মিশানো হইলে জলের তাপমাত্রা 58·5°F-এর বর্ধিত হইল।

[Calculate the specific heat of metals in the following cases : (i) 100 gms of copper at 100°C when dropped into 200 gms of water at 15°C, the temperature of water became 19°C, (ii) 800 gms of lead at 99°C when dropped into 100 gms of water at 16°C, the temperature of water became 28°C, (iii) 1 lb of mercury at 200°F when mixed with 1·25 lbs of water at 50°F, the temperature of water became 58·5°F.] [Ans. (i) ·0988 (ii) ·0807 (iii) ·0299]

10. 80°C তাপমাত্রার 50 gms জল একটি পাত্রে ফেলা হইল। ঐ পাত্রে 12°C তাপমাত্রার 40 gms জল ছিল। মিশ্রিত জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 46°C হইলে পাত্রটির জলসম নির্ণয় কর।

[A vessel contains 40 gms of water at 12°C. Into this water are added 50 gms of water at 80°C. The final temperature of the mixture is 46°C. Calculate the water-equivalent of the vessel.] [Ans. 10 gms]

11. 100 gms. একটি বস্তুকে 122°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া 28°C তাপমাত্রার 800 gms জলে ফেলা হইল। ঐ জল 50 gms ওজনের একটি তামার ক্যালরিমিটারে রাখা ছিল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা হইল 30°C ; তামার আপেক্ষিক তাপ 0·09 হইলে বস্তুটির উপাদানের আপেক্ষিক তাপ কত ?

[A body of mass 100 gms is heated to 122°C and is quickly immersed into 800 gms of water, at 28°C, contained in a copper calorimeter of mass 50 gms. The final common temperature attained is 30°C. If the specific heat of copper be 0·09, calculate that of the material of the body.]

[*H. S. (comp) 1962*] [Ans. ·066]

12. একটি তামার পাত্রে 80°C তাপমাত্রায় 600 gms. জল আছে। পাত্রটির জলসম 60 gms ; একটি বুনসেন বার্নার যাহা প্রতি সেকেণ্ডে 100 calories তাপ উৎপন্ন করিতে পারে তাহা দ্বারা জল গরম করা হইল। জলকে স্ফুটনাঙ্কে পৌঁছাইতে হইলে কত সময় লাগিবে ?

[A copper vessel of water equivalent 60 gms., contains 600 gms of water at 80°C. A Bunsen burner, adjusted to supply 100 calories per second is used to heat the vessel. Calculate the time required to raise the water to the boiling point.] [Ans. 7 min. 42 sec.]

13. 100°C তাপমাত্রায় 80 gms লোহা 20°C তাপমাত্রায় 200 gms জলে ফেলিলে মিশ্রণের তাপমাত্রা কত হইবে নির্ণয় কর। উক্ত জল 50 gms ওজনের একটি লোহার পাত্রে ছিল। লোহার আঃ তাঃ = 0·12.

[80 gms of iron at 100°C are dropped into 200 gms of water at 20°C. The water was contained in an iron vessel weighing 50 gms. Calculate the temperature of the mixture. Sp. heat of iron = 0·12.] [Ans. 28·5°C]

14. একটি 200 gms ওজনের প্ল্যাটিনাম বল জ্বলন্ত চুল্লী হইতে 0°C তাপমাত্রার 150 গ্র্যাম জলে ফেলা হইল। যদি প্ল্যাটিনাম বল কর্তৃক বর্জিত সম্পূর্ণ তাপ জল গ্রহণ করে এবং জলের তাপমাত্রা 80°C হয়, তবে চুল্লীর তাপমাত্রা নির্ণয় কর। প্ল্যাটিনামের আঃ তাঃ = ·031.

[A ball of platinum whose mass is 200 gms is removed from a furnace and immersed in 150 gms of water at 0°C. Supposing the water to gain all heat the platinum ball loses and if the temperature of the water rises to 80°C, determine the temperature of the furnace. Sp. heat of platinum = ·031]

[Ans. 755·8°C]

15. 200 gms সীসাকে উত্তপ্ত করিয়া 100°C তাপমাত্রা করার পর উহাকে একটি পাত্রে রক্ষিত 200 gms তরল পদার্থে ফেলা হইল। তরলের আপেক্ষিক তাপ 0·5 এবং প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C হইলে চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে? পাত্র কোন তাপ গ্রহণ করে না মনে করা যাইতে পারে। (সীসার আঃ তাঃ = 0·03)

[200 gms of lead are heated upto 100°C and dropped into a vessel containing 200 gms of a liquid of sp. heat 0·5. If the initial temperature of the liquid were 0°C, find its final temperature, assuming that the vessel does not absorb any heat. Sp. heat of lead = 0·03] [*H. S. Exam. 1960*] [Ans. 5·66°C]

16. 0·54 আঃ তাঃ সম্পন্ন 29°C তাপমাত্রার কিছু তরল 0·36 আঃ তাঃ সম্পন্ন 11°C তাপমাত্রার অন্য এক তরল পদার্থের সহিত মিশানো হইল। মিশ্রণের চূড়ান্ত তাপমাত্রা 17°C হইল। তরল পদার্থ দুইটির পরিমাণের অনুপাত কত?

[A liquid of sp. heat 0·54 and temperature 29°C is mixed with another liquid of sp. heat 0·36 and temperature 11°C. The final temperature of the mixture was 17°C. In what proportion were the liquids mixed?] [Ans. 1 : 3]

পদার্থ গলনের লীন তাপ কাহাকে বলে? বরফ গলনের লীন-তাপ 80 calories বলিতে কি বুঝায়?

[What is latent heat of fusion of a substance? What is meant by 'latent heat of fusion of ice is 80 calories'?] [*H. S. Exam. 1961*]

18. বরফ গলনের লীন-তাপ নির্ণয় করিবার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Describe a method of determining the latent heat of fusion of ice.]

19. কোন্‌টি বেশী ঠাণ্ডা সৃষ্টি করিবে—0°C তাপমাত্রার 100 গ্র্যাম বরফ না 0°C তাপমাত্রার 100 গ্র্যাম জল?

[Which one produces more cold—100 gms of ice at 0°C or 100 gms of water at 0°C?]

20. সমপরিমাণ গরম জল ও বরফ মিশানো হইল। বরফ গলিয়া জল হইবার পর মিশ্রিত জলের তাপমাত্রা 0°C রহিল। গরম জলের তাপমাত্রা কত ছিল ?

[Equal quantities of hot water and ice were mixed. When the ice melted the temperature of the mixture was found to be 0°C. What was the temperature of the hot water ?] [Ans. 80°C]

21. 40°C তাপমাত্রার 200 gms জলকে 10°C তাপমাত্রায় হ্রাস করিতে কত বরফ মিশাইতে হইবে ?

[How much ice is to be mixed with 200 gms of water to bring down its temperature from 40°C to 10°C ?] [Ans. 66·6 gms.]

22. 2 gms বরফের সহিত 45°C তাপমাত্রার 4 gms জল মিশাইলে ফল কি হইবে নির্ণয় কর।

[What will be the result of mixing 2 gms of ice with 4 gms of water at 45°C ?] [Ans. All ice will melt and final temp. will be 8·3°C]

23. 20°C তাপমাত্রার 100 gms টিনকে গলাইতে কত তাপের প্রয়োজন হইবে ? টিনের গলনাঙ্ক = 232°C ; টিন গলনের লীন-তাপ = 14 cal. টিনের আঃ তাঃ = ·05.

[How much heat is required to melt 100 gms of tin at 20°C ? Melting point of tin = 232°C ; latent heat of fusion of tin = 14 cal. Sp. heat of tin = ·05.]

[Ans. 2460 cal.]

24. 40°C তাপমাত্রার 100 gms জলে 10 gms বরফ ফেলা হইল। জলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা কত হইবে ?

[10 gms of ice are dropped into 100 gms of water at 40°C. What will be the final temperature of water ?] [Ans. 29·09°C]

25. 250 gms ওজনের এক টুকরা লোহাকে 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া একটি বড় বরফখণ্ডের গর্তের ভিতর ফেলা হইল। ইহার ফলে 34·5 gms বরফ গলিয়া গেল। লোহার আপেক্ষিক তাপ কত ?

[A piece of iron weighing 250 gms is heated upto 100°C and is dropped into the cavity of a block of ice. As a result 34·5 gms of ice melted. Calculate the sp. heat of iron.] [Ans. 0·11]

26. 100°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত 8 lbs তামার সহিত 0°C তাপমাত্রার 2 lbs. বরফ মিশাইলে কি হইবে ? [তামার আঃ তাঃ = 0·1, বরফ গলনের লীন-তাপ = 80 cal/gm.]

[What is the result of mixing 8 lbs of copper at 100°C with 2 lbs of ice at 0°C ? Sp. heat of copper = 0·1, latent heat of fusion of ice = 80 cal/gm.]

[*H. S. Exam. 1961*] [Ans. 1 lb বরফ গলিবে].

27. 'বোধগম্য' তাপ এবং 'লীন-তাপের' মধ্যে পার্থক্য কি ? ধর, −8°C তাপমাত্রায় রক্ষিত বরফে তাপ প্রদান করিয়া তাপমাত্রা 50°C এ বৃদ্ধি করা হইল। ফল কি হইবে তাহা সাধারণভাবে বর্ণনা কর।

বরফের পরিমাণ 10 gms হইলে উপরোক্ত ক্ষেত্রে মোট কত তাপ প্রদান করা হইল হিসাব কর (বরফের আঃ তাপ=0·5 ; বরফ গলনের লীন-তাপ=80 cal/gm.)।

[Distinguish between 'sensible' heat and 'latent' heat. State, in general terms, the effect of application of heat to ice, say at $-8°C$ until the temperature of 50°C is reached.

Calculate the amount of heat supplied in the above case, if the mass of ice be 10 gms. (Sp. heat of ice $-0·5$, latent heat of fusion of ice=80 cal/gm).

[*H. S.* (*comp*) *1961*] [Ans. 1840 cal.]

[Objective Type Questions]

28. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির পাশে পাশে কতকগুলি উত্তর দেওয়া হইল। উত্তরগুলির মধ্যে যেটি সর্বাপেক্ষা সঙ্গত বলিয়া মনে হইবে তাহা চিহ্নিত কর এবং সংক্ষেপে কারণ দর্শাও :—

(i) সমভর দুইটি বিভিন্ন পদার্থে সমান তাপমাত্রা সৃষ্টি করিতে বিভিন্ন পরিমাণ তাপ দিতে হয় কেন ?

উঃ। পদার্থের ঘনত্বের জন্য, পদার্থের আপেক্ষিক গুরুত্বের জন্য, পদার্থের আপেক্ষিক তাপের জন্য।

(ii) কোন বস্তুর তাপগ্রাহিতা কোন্ কোন্ জিনিসের উপর নির্ভর করে ?

উঃ। বস্তুর ভর, উহার উপাদান, উহার ঘনত্ব, তাপমাত্রার স্কেল।

(iii) 0°C তাপমাত্রার বরফে তাপ প্রদান করিলে বরফের তাপমাত্রার কি রকম পরিবর্তন লক্ষিত হইবে ?

উঃ। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে, তাপমাত্রা হ্রাস পাইবে, তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন হইবে না।

(iv) কিছু জলকে অনেকখানি বরফের দ্বারা আবৃত করিয়া রাখিলে জল জমিয়া যাইবে কি ?

উঃ। জমিবে, জমিবে না।

(v) 'ক্যালরি' কোন্ রাশির একক ?

উঃ। তাপের, তাপমাত্রার, জলসমের, লীন-তাপের।

(vi) 100,000 পাউণ্ড জলের তাপমাত্রা 1°F বৃদ্ধি করিতে যে-তাপের প্রয়োজন তাহাকে কি বলা হয় ?

উঃ। আপেক্ষিক তাপ, থার্ম, বৃটিশ থার্মাল একক।

(vii) আপেক্ষিক তাপের সহিত বস্তুর ভর গুণ করিলে কোন্ রাশি পাওয়া যায় ?

উঃ। তাপগ্রাহিতা, জলসম, লীন-তাপ, গড় ক্যালরি।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

কঠিন পদার্থের প্রসারণ

(Expansion of Solids)

3-1. তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের প্রসারণ (Expansion of solid when heated) :

কঠিন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলে সাধারণত উহার প্রসারণ হয়। তামা, লোহা, পিতল ইত্যাদি ধাতব পদার্থে এই প্রসারণ খুব উল্লেখযোগ্য।

কঠিন পদার্থের এই প্রসারণ তিন রকমের হইতে পারে :

(1) দৈর্ঘ্যে প্রসারণ ;

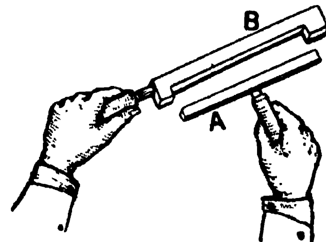
(2) ক্ষেত্রফলে প্রসারণ ;

(3) আয়তনে প্রসাবণ।

নিম্নবর্ণিত কয়েকটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা কঠিন পদার্থের বিভিন্ন প্রসারণ দেখানো যাইতে পারে।

(1) **দণ্ড ও গজ** (Bar and Gauge) **পরীক্ষা** :

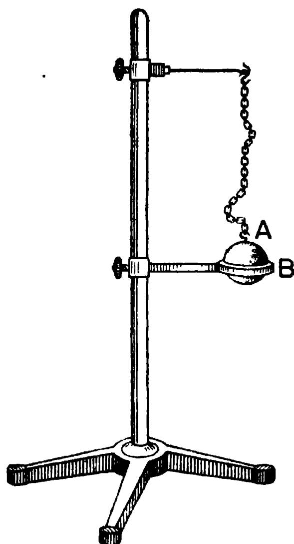
A একটি কাঠের হাতলসহ লোহার দণ্ড। B একটি ধাতুনির্মিত খাঁজকাটা প্লেট বা গজ। A দণ্ডটি ঠাণ্ডা অবস্থায় B-এর ফাঁকের মধ্যে ঠিক ঠিক আঁটিয়া যায় (3ক নং চিত্র)। এখন A দণ্ডকে তাপ প্রদান করিয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে ইহা B-এর ফাঁকের মধ্যে আর বসিতেছে না। আবার ঠাণ্ডা করিলে ঠিক ঠিক ফাঁকের মধ্যে বসিবে। সুতরাং ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে তাপ প্রদানের ফলে A-দণ্ডটির দৈর্ঘ্যের প্রসারণ হইয়াছে



দৈর্ঘ্য প্রসারণের পরীক্ষা

চিত্র 3ক

(2) **বল ও আংটা পরীক্ষা ঃ**



আয়তন প্রসারণের পরীক্ষা
চিত্র 3খ

A-একটি ফাঁপা পিতলের গোলাকার বল। ইহা ঠাণ্ডা অবস্থায় B-আংটার ভিতর দিয়া ঠিক গলিয়া যাইতে পারে। এখন বলটিকে তাপ প্রদান করিয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে ইহা আর আংটার ভিতর দিয়া গলিয়া যাইতেছে না, খানিকটা ঢুকিয়া আট্‌কাইয়া যাইতেছে (3খ নং চিত্র)। আবার বলটিকে পূর্বের ঠাণ্ডা অবস্থায় আনিলে উহা আংটার ভিতর দিয়া গলিয়া যাইবে। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে তাপ পাইয়া বলটির আয়তনের প্রসারণ হইয়াছে।

আয়তনের প্রসারণের ফলে বলটির ক্ষেত্র-ফলেরও প্রসারণ হয়। অতএব ইহা বলা যাইতে পারে যে তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রপ্রসারণ ঘটে।

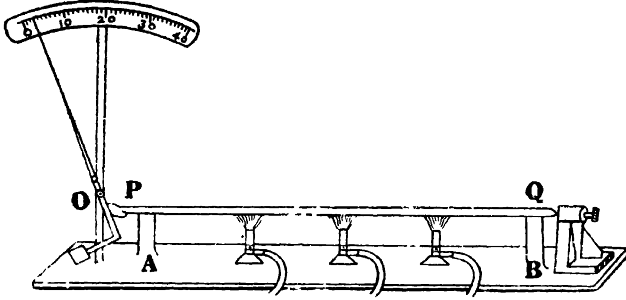
3-2. বিভিন্ন দ্রব্যের প্রসারণ বিভিন্ন ঃ

বিভিন্ন দ্রব্যে সমপরিমাণ তাপ প্রয়োগ করিলে বিভিন্ন প্রসারণ ঘটে। নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষাদ্বারা ইহা সুন্দরভাবে বোঝা যাইবে।

(1) **ফার্গুসনের পরীক্ষা ঃ**

PQ একটি ধাতব দণ্ড A ও B স্তম্ভদ্বয়ের উপর অনুভূমিক অবস্থায় রাখা আছে (3গ নং চিত্র)। দণ্ডের Q প্রান্ত একটি স্ক্রুর সঙ্গে ঠেকানো এবং সেইদিকে প্রসারণের কোন জায়গা নাই। P প্রান্ত একটি সূচকের সঙ্গে লাগানো। সূচকটি একটি খাড়া দণ্ডের সঙ্গে O বিন্দুতে আট্‌কানো এবং সূচালো প্রান্ত একটি স্কেল বাহিয়া চলাচল করিতে পারে। Q প্রান্তের স্ক্রু সামনে বা পিছনে সরাইলে P-প্রান্ত সূচককে চাপ দিবে এবং তাহার ফলে সূচকটি স্কেল বাহিয়া চলাচল করিবে। প্রথমে Q প্রান্তের স্ক্রুটি এমনভাবে রাখিতে হইবে যে P-প্রান্তের চাপে সূচক স্কেলের 0-দাগের সহিত মিলিয়া

থাকে। তারপর বার্নার দ্বারা PQ-দণ্ডকে গরম করিলে দেখা যাইবে যে সূচক স্কেল বাহিয়া আস্তে আস্তে ডানদিকে সরিয়া যাইতেছে। ইহা প্রমাণ করে যে PQ-দণ্ড উত্তপ্ত হওয়ায় P-প্রান্ত দৈর্ঘ্যে প্রসারিত হইতেছে এবং ইহার ফলে সূচকের ঐরূপ গতি হইতেছে।



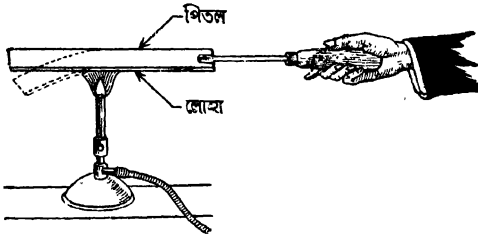
বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন

চিত্র 3গ

সমান দৈর্ঘ্যের বিভিন্ন ধাতুর দণ্ড লইয়া উহাদের যদি সমতাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া উপরোক্তভাবে পরীক্ষা করা যায় তবে দেখা যাইবে যে সূচক স্কেলের বিভিন্ন দাগ পর্যন্ত যাইতেছে। অর্থাৎ, ইহা প্রমাণ করে যে বিভিন্ন ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন।

(2) **দুই ধাতুর পাতের বক্রতা পরীক্ষা** (Buckling of a bi-metallic strip) :

পিতল ও লোহার দুইটি পাত একসঙ্গে রিভেট (rivet) করিয়া



পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ লোহা অপেক্ষা বেশী

চিত্র 3ঘ

আটকানো। ঠাণ্ডা অবস্থায় উহারা সোজা থাকিবে। কিন্তু উহাকে গরম করিলে 3ঘ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ বাঁকিয়া যাইবে। পিতল

ও লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ আলাদা বলিয়াই ঐরূপ বক্রতার সৃষ্টি হয়, কারণ দৈর্ঘ্য-প্রসারণ সমান হইলে পাতটি সোজাই থাকিত।

তাছাড়া বক্রতা লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উঁচু পিঠে পিতল আছে। অর্থাৎ, পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ লোহা অপেক্ষা বেশী।

3-3. দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of linear expansion of solids)

প্রতি একক দৈর্ঘ্যে প্রতি 1° ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় উহাকে ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। সাধারণত দৈর্ঘ্য সেন্টিমিটারে এবং তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে প্রকাশ করা হয়।

[**দ্রষ্টব্য :** প্রকৃতপক্ষে দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের যথার্থ সংজ্ঞা বলিতে গেলে বলিতে হয় যে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে 0°C হইতে 1°C তাপমাত্রাবৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে দৈর্ঘ্যপ্রসারণ হয় তাহাকেই ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে। কিন্তু প্রাথমিক দৈর্ঘ্য 0°C তাপমাত্রায় না রাখিয়া অন্য যে-কোন তাপমাত্রায় রাখিয়া পরে 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে যে ফল পাওয়া যায় তাহা প্রকৃত দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক হইতে খুব বেশী তফাৎ হয় না। তাছাড়া সর্বদা প্রাথমিক দৈর্ঘ্য 0°C তাপমাত্রায় রাখিয়া পরিমাপ করা অসুবিধাজনক। এই সকল কারণে দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের সংজ্ঞায় প্রাথমিক তাপমাত্রা হিসাবে 0°C এর উল্লেখের প্রয়োজন করে না।]

দৈর্ঘ্যের এককের উপর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ভর করে না—কিন্তু তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে।

যেমন লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক ·000012 বলিতে এই বুঝায় যে 1 cm. বা 1 ft. বা 1 yard লম্বা লোহার দণ্ড 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে যথাক্রমে ·000012 cm বা ·000012 ft বা ·000012 yard দৈর্ঘ্যে বাড়িবে। কিন্তু যদি তাপমাত্রা ফারেনহাইট এককে বলা হয় তবে ইহার মান আলাদা হইবে। যেহেতু $1°F = \frac{5}{9}°C$, কাজেই লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক এই ক্ষেত্রে $\cdot000012 \times \frac{5}{9} = \cdot0000067$ হইবে।

ধরা হউক t_1°C তাপমাত্রায় কোন দণ্ডের দৈর্ঘ্য l_1 এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিয়া t_2°C করিলে দৈর্ঘ্য হইল l_2.

কাজেই, $(t_2 - t_1)$°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য দৈর্ঘ্যপ্রসারণ $= l_2 - l_1$

সুতরাং " " " " প্রতি একক দৈর্ঘ্যে

দৈর্ঘ্যপ্রসারণ $= \frac{l_2 - l_1}{l_1}$

অথবা 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য প্রতি একক দৈর্ঘ্যে দৈর্ঘ্যপ্রসারণ

$$= \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)}$$

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ককে যদি ∝ (আল্ফা) বলা হয়, তবে উহার সংজ্ঞানুযায়ী

$$\propto = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)} = \frac{\text{দৈর্ঘ্যের প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

অথবা, $l_2 - l_1 = \propto l_1 (t_2 - t_1)$

$\therefore \quad l_2 = l_1\{1 + \propto (t_2 - t_1)\}$

কয়েকটি পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের তালিকা

পদার্থ	প্রতি ডিগ্রী সেণ্টিঃ	প্রতি ডিগ্রী ফাঃ
পিতল	·000019	·000011
লোহা	·000012	·0000067
ইস্পাত	·000011	.0000061
তামা	·000017	·0000097
জার্মান সিলভার	·000018	·00001
ইনভার (নিকেল-ইস্পাত সংকর ধাতু)	·0000009	·0000005

উদাহরণ ঃ

(1) একটি তামার দণ্ড 0°C তাপমাত্রায় 2 metres দীর্ঘ। উহাকে 200°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে দৈর্ঘ্য 200·68 cms হয়। তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কত ?

[A copper bar is 2 mètres long at 0°C. If its temperature is raised to 200°C, its length becomes 200·68 cms. What is the co-efficient of linear expansion of copper ?]

উ। এস্থলে $l_1 = 2$ metres $= 200$ cms.

$l_2 = 200{\cdot}68$ cms.

$t_1 = 0°C$

$t_2 = 200°C$

সুতরাং,

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1(t_2 - t_1)} = \frac{200{\cdot}68 - 200}{200(200-0)} = \frac{{\cdot}68}{200 \times 200}$$

$$= \frac{68}{4} \times 10^{-6}$$

$$= 17 \times 10^{-6}$$

(2) একটি ধাতুদণ্ড 68°F তাপমাত্রায় 8 ft দীঘ। উহার তাপমাত্রা 110°F করিলে কতখানি দৈর্ঘ্যপ্রসারণ হইবে? [ধাতুর দৈর্ঘ্যপ্রসারণ গুণাঙ্ক ·0000094 প্রতি ডিগ্রী ফাঃ।]

[A metal bar is 8 ft long at 68°F. How much expansion in length would take place at 110°F? α for the metal = ·0000094 per°F.]

উ। আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রার বৃদ্ধি}}$$

অতএব, $\cdot 0000094 = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{8(110-68)}$

অথবা, দৈর্ঘ্য প্রসারণ $= \cdot 0000094 \times 8 \times 42$

$= \cdot 0031584$ ft.

(3) 59°F হইতে 100°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য একটি দস্তাদণ্ডের দৈর্ঘ্য 5 mm প্রসারিত হইল। দণ্ডের প্রাথমিক দৈর্ঘ্য কত ছিল? দস্তার $\alpha = 0{\cdot}000029$ per °C.

[What must be the length of a rod of zinc at 59°F, if its length is to increase by 5 mm., when the temperature is raised to 100°C ? α for zinc = 0·000029 per °C.]

[*H. S. Exam.*, 1960]

উ। প্রথমে 59°F তাপমাত্রাকে সেণ্টিগ্রেড স্কেলে রূপান্তরিত করিতে হইবে। আমরা জানি,

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$$

এস্থলে F = 59; কাজেই $\frac{C}{5} = \frac{59-32}{9} = \frac{27}{9} = 3 \quad \therefore \quad C = 15°$

এখন আমরা জানি,

দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য × প্রসারণ গুণাঙ্ক × তাপমাত্রা ভেদ,

কাজেই, $0·5 = l \times ·000029 \times (100 - 15)$

[l = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য]

অথবা, $0·5 = l \times ·000029 \times 85$

$$\therefore \quad l = \frac{0·5}{·000029 \times 85}$$

$$= \frac{0·5 \times 10^6}{29 \times 85} = \frac{5 \times 10^5}{29 \times 85} = 202·9 \text{ cm.}$$

সুতরাং প্রাথমিক দৈর্ঘ্য = 202·9 cm.

[**দ্রষ্টব্য :** উপরোক্ত উদাহরণগুলির বিভিন্ন রাশির একক লক্ষ্য কর।]

3-4. ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of surface expansion) :

প্রতি একক ক্ষেত্রফলে প্রতি 1° ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে-ক্ষেত্র প্রসারণ হয় উহাকে ঐ পদার্থের ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক বলা হয়। এখানে সাধারণত তাপমাত্রা সেন্টিগ্রেডে প্রকাশ করা হয়।

যেমন লোহার ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক ·000024 বলিতে এই বুঝায় যে 1 sq. cm. বা 1 sq. yd. বা 1 sq. ft. লোহার প্লেট 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে যথাক্রমে ·000024 sq. cm বা ·000024 sq. yd. বা ·000024 sq. ft বৃদ্ধি পাইবে। কিন্তু ফারেনহাইট স্কেল ব্যবহার করিলে ইহার মান অন্য রকম হইবে। ফারেনহাইটে তাপমাত্রা প্রকাশ করিলে ইহার মান হইবে $\frac{5}{9} \times ·000024 = ·0000134$.

ধরা যাউক, t_1°C তাপমাত্রায় কোন ধাতব প্লেটের ক্ষেত্রফল S_1 এবং বর্ধিত তাপমাত্রা t_2°C-এ ক্ষেত্রফল S_2.

সুতরাং $(t_2 - t_1)$°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ক্ষেত্র প্রসারণ $= S_2 - S_1$

অথবা " " " " একক ক্ষেত্রফলের ক্ষেত্র প্রসারণ

$$= \frac{S_2 - S_1}{S_1}$$

সুতরাং 1°C " " " " $= \frac{S_2 - S_1}{S_1(t_2 - t_1)}$

যদি ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক β (বিটা) ধরা যায় তবে ইহার সংজ্ঞা অনুযায়ী

$$\beta=\frac{S_2-S_1}{S_1(t_2-t_1)}=\frac{\text{ক্ষেত্র প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক ক্ষেত্রফল}\times\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

অথবা, $S_2-S_1=\beta S_1(t_2-t_1)$

$$\therefore\quad S_2=S_1\{1+\beta(t_2-t_1)\}$$

[**দ্রষ্টব্য :** দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের ন্যায় এস্থলেও প্রাথমিক ক্ষেত্রফল 0°C তাপমাত্রায় পরিমাপ করা উচিত। কিন্তু প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C না লইয়া অন্য কিছু লইলে এমন কিছু ত্রুটি হইবে না।]

3-5. আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of volume expansion) :

প্রতি একক আয়তনে প্রতি 1° ডিগ্রী তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য পদার্থের যে আয়তন প্রসারণ হয় উহাকে ঐ পদার্থের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক বলা হয়। এখানেও তাপমাত্রা সাধারণত সেন্টিগ্রেডে প্রকাশ করা হয়।

পূর্বের মত বলা যাইতে পারে যে লোহার আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক ·000036 বলিতে ইহাই বুঝায় যে 1 c.c. বা 1 c.ft বা 1 c. yd লোহার গোলক 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে যথাক্রমে ·000036 c.c. বা ·000036 c. ft বা ·000036 c. yd বৃদ্ধি পাইবে। ফারেনহাইট তাপমাত্রায় ইহার মান $\frac{5}{9}\times{}$·000036 = ·00002.

ধরা যাউক, t_1°C তাপমাত্রায় কোন ধাতব গোলকের (sphere) আয়তন V_1 এবং বর্ধিত তাপমাত্রা t_2°C-এ আয়তন V_2.

অতএব, (t_2-t_1)°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে আয়তন প্রসারণ $=V_2-V_1$

∴ ,, ,, ,, ,, একক আয়তনে আয়তন প্রসারণ $=\frac{V_2-V_1}{V_1}$

∴ 1°C ,, ,, ,, ,, $=\frac{V_2-V_1}{V_1(t_2-t_1)}$

যদি আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক γ (গ্যামা) ধরা যায়, তবে ইহার সংজ্ঞানুযায়ী $\gamma=\frac{V_2-V_1}{V_1(t_2-t_1)}=\frac{\text{আয়তন প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন}\times\text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$

অথবা, $V_2-V_1=\gamma V_1(t_2-t_1)$

$$\therefore\ V_2=V_1\{1+\gamma(t_2-t_1)\}$$

3-6. প্রসারণের তিন গুণাঙ্কের সম্পর্ক (Relation between the three co-efficients of expansion) :

কোন কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য, ক্ষেত্র ও আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কগুলি সম্পর্কযুক্ত। নিম্নলিখিত উপায়ে এই সম্পর্ক নির্ণয় করা যায়।

ধরা যাউক একটি প্লেটের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই 1 cm, সুতরাং উহার ক্ষেত্রফল 1 sq.cm.

এখন যদি ইহার তাপমাত্রা 1°C ডিগ্রী বৃদ্ধি করা যায়, তবে দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ উভয়ই বাড়িয়া $(1+\alpha)$ হইবে। [যদি ঐ পদার্থের দৈর্ঘ্য-প্রসারণ গুণাঙ্ক α ধরা হয়]

অতএব, এখন ইহার ক্ষেত্রফল $=(1+\alpha)^2$

$=1+2\alpha+\alpha^2$

$=1+2\alpha$ [α খুব ছোট বলিয়া α^2 কে অগ্রাহ্য করা যায়]

প্লেটের পূর্বের ক্ষেত্রফল $=1$ sq. cm.

$\therefore$ ক্ষেত্র প্রসারণ $=2\alpha$

কিন্তু যেহেতু প্রাথমিক ক্ষেত্রফল এক একক ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি 1°C, সুতরাং উক্ত ক্ষেত্র প্রসারণই ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্কের সমান। অর্থাৎ,

$\beta=2\alpha=2\times$ দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক।

আবার যদি 1 cm. দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতাসম্পন্ন ঘনক লওয়া যায় .... হইলে ইহার আয়তন $=1$ c.c.

ইহার তাপমাত্রা 1°C বৃদ্ধি করিলে, ইহার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতা প্রত্যেকটিই বাড়িয়া $(1+\alpha)$ হইবে।

কাজেই ঘনকটির বর্তমান আয়তন $=(1+\alpha)^3=1+3\alpha+3\alpha^2+\alpha^3$

$=1+3\alpha$ (α^2 এবং α^3 উপেক্ষণীয়)

ঘনকটির প্রাথমিক আয়তন $=1$ c.c.

সুতরাং, আয়তন প্রসারণ $=3\alpha$

কিন্তু, যেহেতু প্রাথমিক আয়তন এক একক ও তাপমাত্রা বৃদ্ধি 1°C লওয়া হইয়াছে সুতরাং উক্ত আয়তন প্রসারণই আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের সমান। অর্থাৎ,

$\gamma=3\alpha$

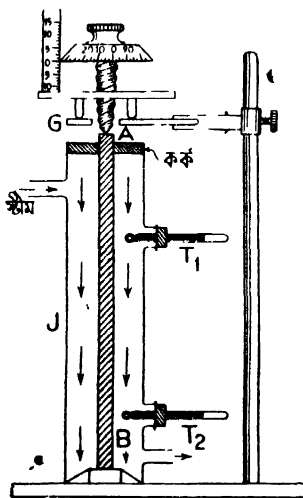
$=3\times$ দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক।

সুতরাং $\alpha=\beta/2=\gamma/3$

3·7. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় (Determination of co-efficient of linear expansion of solid) **:**

পরীক্ষাগারে পুলিঙ্গারের যন্ত্র দ্বারা অতি সহজে কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করা যায়। 3৬ নং চিত্রে ঐ যন্ত্রের ছবি দেখান হইল।

বিবরণ : J একটি ধাতব চোঙ। ইহার ভিতর যে পদার্থের গুণাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইবে উহার একটি দণ্ড AB ঢুকানো আছে। দণ্ডটির নিম্নপ্রান্ত B একটি কাচ বা মার্বেল প্লেটের উপর রক্ষিত। অর্থাৎ, দণ্ডটির নিম্নপ্রান্তে প্রসারণের কোন সুবিধা নাই। উপরের প্রান্ত একটি কর্কের ফুটা দিয়া একটু বাহির করা এবং ঐ দিকে প্রসারণের জায়গা আছে। কর্কটি দ্বারা চোঙের উপরের মুখ বন্ধ। চোঙের গায়ে উপরে ও নীচে দুইটি ছিদ্র আছে। উপরের ছিদ্র দিয়া স্টীম চোঙে প্রবেশ করিতে পারে এবং নীচের ছিদ্র দিয়া বাহির হইয়া যাইতে পারে। তা'ছাড়া চোঙে আর দুইটি ছিদ্র দিয়া T_1 এবং T_2 দুইটি থার্মোমিটার ঢুকানো যায়। G একটি কাচের প্লেট যাহার মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। প্লেটের উপর একটি স্ফেরোমিটার এমনভাবে বসানো যায় যে ইহার মাঝখানের পা প্লেটের ছিদ্র দিয়া দণ্ডের উপর প্রান্ত স্পর্শ করিতে পারে।



পুলিঙ্গাবের যন্ত্র
চিত্র 3৬

কার্যপ্রণালী :

প্রথমে AB দণ্ডটির দৈর্ঘ্য মাপিয়া লও (l)। সাধারণত এক মিটার লম্বা দণ্ড লওয়া হয়। থার্মোমিটার দ্বারা প্রাথমিক তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ (t_1)। পরে দণ্ডটি J-চোঙের ভিতর বসাইয়া স্ফেরোমিটারের মাঝখানের পা দণ্ডের A প্রান্ত স্পর্শ করাও। স্ফেরোমিটারের পাঠ লও। অতঃপর স্ফেরোমিটার স্ক্রু ঘুরাইয়া মাঝখানের পা বেশ খানিকটা তুলিয়া রাখ যাহাতে AB দণ্ড উপরের দিকে প্রসারিত হইবার জায়গা পায়। এখন চোঙের ভিতর স্টীম পাঠাও। ক্রমশ T_1 এবং T_2 থার্মোমিটারের পারদ ঊর্ধ্বে উঠিতে থাকিবে। যখন পারদ স্থির

হইয়া দাঁড়াইবে তখন তাপমাত্রা পাঠ কর (t_2)। যদি দুই থার্মোমিটার সামান্য আলাদা তাপমাত্রা নির্দেশ করে তবে উহাদের গড় লইতে হইবে। এখন স্ফেরোমিটারের মাঝখানের পা আবার A প্রান্তের সঙ্গে স্পর্শ করাইয়া পাঠ লও। স্ফেরোমিটারের এই পাঠ হইতে আগের পাঠ বাদ দিলে দণ্ডটির কতখানি দৈর্ঘ্য প্রসারণ হইল তাহা পাওয়া যাইবে। ধরা যাউক ইহা x.

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্যের প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{x}{l(t_2 - t_1)}$$

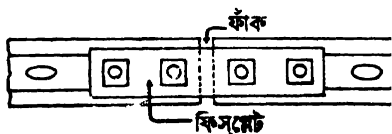
উপরোক্ত সমীকরণের ডানদিকের সব কিছু রাশি জানা থাকায় α সহজেই নির্ণয় করা যাইবে।

3-8. কঠিন পদার্থের প্রসারণের ব্যবহারিক প্রয়োগ :

ইঞ্জিনিয়ারীং ও অন্যান্য কারিগরী বিদ্যায় কঠিন পদার্থের প্রসারণের বহু ব্যবহারিক প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়। আমাদের দৈনন্দিন জীবনেও কঠিন পদার্থের প্রসারণ ও সংকোচনকে আমরা নানারূপভাবে কাজে লাগাই। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহা আমাদের কাজের সুবিধা করে, আবার কোন কোন ক্ষেত্রে অসুবিধার সৃষ্টি করে। নীচে ইহার সুবিধা ও অসুবিধার কথা আলোচিনা করা হইল।

অসুবিধার কারণ :

(ক) রেলের লাইন পাতিবার সময় দুই লাইনের জোড়ের মুখে কিছু ফাঁক রাখিতে হয়; কারণ সূর্যকিরণে বা চাকার ঘর্ষণে লোহা উত্তপ্ত হইলে দৈর্ঘ্যের প্রসারণ হয় এবং তাহার জন্য ঐ জায়গা রাখা হয়। মুখে মুখে লাগাইয়া রাখিলে প্রসারণ-জনিত বলের দরুন লাইন বাঁকিয়া যাইবার সম্ভাবনা থাকে।



রেল লাইনের জোড়ের মুখে ফাঁক
চিত্র 3চ

লাইন দুইটির দু'পাশে একটি করিয়া লোহার পাত চারিটি বোল্টের সাহায্যে সংযুক্ত রাখা হয়। এই পাতকে ফিস্‌প্লেট বলে (3চ নং চিত্র)।

কিন্তু ট্রাম লাইন পাতিবার সময় ঐরূপ ফাঁক রাখা হয় না। বিদ্যুৎপ্রবাহ চালু রাখার জন্য লাইনগুলি মুখে মুখে জোড়া লাগাইয়া রাখা হয় কিন্তু লাইনগুলি

মাটির ভিতরে গাঁথা থাকে এবং গ্রানাইট পাথর ও কংক্রীট দ্বারা বেষ্টিত থাকে বলিয়া তাপমাত্রার পার্থক্য খুব কম হয় এবং সেই কারণে বাঁকিতে পারে না।

উদাহরণ ঃ

কিছু ফাঁক রাখিয়া টুকরা টুকরা ইস্পাতের লাইন দ্বারা একটি রেলপথ তৈয়ারী। প্রত্যেক টুকরার দৈর্ঘ্য 66 ft.। 10°C হইতে 67·3°C তাপমাত্রার ব্যবধানে লাইনগুলির মধ্যে কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে ?

[ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক $= 11 \times 10^{-6}$ প্রতি °C]

[Railway lines are laid with gaps to allow for expansion. If each piece of rail is 66 ft long, how much gap is to be left for a temperature difference of 10°C to 67·3°C ? α for steel $= 11 \times 10^{-6}$ per °C]

উ। এস্থলে নির্ণয় করিতে হইবে যে (67·3 – 10) = 57·3°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য 66 ft. দীর্ঘ লাইনের কতটুকু প্রসারণ হয়। সুতরাং ঐটুকু ফাঁক রাখিলেই চলিবে।

আমরা জানি,

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

অথবা, দৈর্ঘ্য প্রসারণ = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য × তাপমাত্রার বৃদ্ধি × α

$= 66 \times 57{\cdot}3 \times 11 \times 10^{-6}$ ft

$= {\cdot}041$ ft.

$= {\cdot}49$ inch.

অর্থাৎ, দুই লাইনের ভিতর প্রায় ·5 inch ফাঁক রাখিতে হইবে।

(খ) লোহার সেতু তৈয়ারী করিবার সময় লোহার প্রসারণের কথা চিন্তা করিয়া তাহার জন্য জায়গা রাখিতে হয়। এইজন্য সেতুর উভয় প্রান্ত কংক্রীট ও ইটের গাঁথনী দ্বারা দৃঢ়ভাবে তৈয়ারী করা হয় না। সেতুর এক প্রান্ত একটি চাকার (roller) উপর রাখা হয় (3ছ নং চিত্র) যাহাতে উত্তপ্ত হইয়া লোহা ঐদিকে প্রসারিত হইতে পারে।



সেতুব এক প্রান্ত রোলারের উপর থাকে

চিত্র 3ছ

উদাহরণঃ

যদি মনে করা যায় যে গ্রীষ্মে সর্বাধিক তাপমাত্রা 45°C এবং শীতে সর্বনিম্ন তাপমাত্রা −15°C তবে 1700 ft. দীর্ঘ একটি ইস্পাতের সেতুর প্রসারণের জন্য কতটুকু জায়গা রাখিতে হইবে?

[ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক = ·000012]

[Assuming that the highest summer temperature is 45°C and the lowest winter temperature is −15°C, what allowance must be made for expansion in one of the 1700 ft. steel span of a bridge? α for steel = ·000012]

উ। আমরা জানি, দৈর্ঘ্য প্রসারণ = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য × তাপমাত্রাবৃদ্ধি × গুণাঙ্ক

$$= 1700 \times [45 - (-15)] \times {\cdot}000012$$
$$= 1700 \times 60 \times {\cdot}000012$$
$$= 17 \times 6 \times {\cdot}012$$
$$= 1{\cdot}22 \text{ ft.}$$

সুতরাং, প্রসারণের সুবিধার জন্য 1·22 ft. জায়গা রাখিতে হইবে।

(গ) যদি মোটা কাচের গ্লাসে গরম জল ঢালা যায় তবে গ্লাসটি ফাটিয়া যায়। এইরূপ হওয়ার কারণ এই যে কাচ খুব ভাল তাপ পরিবাহী নহে। ফলে গ্লাসের অভ্যন্তর উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হয় কিন্তু বাহিরের অংশ সমপরিমাণ তাপ না পাওয়ায় খুব কম প্রসারিত হয়। একই পাত্রের বাহির ও অভ্যন্তরের এই অসম প্রসারণের ফলে যে বলের উদ্ভব হয় তাহার জন্য পাত্রটি ফাটিয়া যায়। এই অসুবিধা মনে রাখিয়া কাচের পাত্র বা চিমনি প্রভৃতি জিনিস তৈয়ারী করার সময় বিশেষ যত্ন লইতে হয়।

(ঘ) চুল্লী (Furnace) তৈয়ারী করিবার সময় লোহার দণ্ড ইটের গাঁথুনীর ভিতর ঢুকাইয়া দিতে হয়। চুল্লীর প্রচণ্ড তাপে দণ্ডের যথেষ্ট প্রসারণ হয়। সুতরাং দণ্ডের একপ্রান্ত আল্‌গা রাখিয়া প্রসারণের জায়গা করিয়া দিতে হয়। নতুবা প্রসারণের ফলে যে বলের উদ্ভব হয় তাহা ইটের গাঁথুনী ভাঙ্গিয়া ফেলিতে পারে।

(ঙ) দূরত্ব মাপিবার জন্য কোন ধাতুনির্মিত স্কেল ব্যবহার করিলে প্রসারণজনিত ত্রুটির প্রতি লক্ষ্য রাখিতে হইবে। যে তাপমাত্রায় স্কেল তৈয়ারী করা হয় শুধু সেই তাপমাত্রাতেই উহা ত্রুটিহীন। তাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে স্কেলের প্রত্যেক দাগের প্রসারণ বা সংকোচন হয়। ফলে ঐ স্কেল দ্বারা দূরত্ব নির্ভুল-

ভাবে মাপা চলে না। কিন্তু ঐ ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক জানা থাকিলে প্রয়োজনীয় সংশোধন করিয়া লওয়া চলে।

উদাহরণ:

একটি ইস্পাতের মিটার স্কেল 0°C তাপমাত্রায় ত্রুটিহীন। ঐ স্কেল দ্বারা 15°C তাপমাত্রায় দৈর্ঘ্য মাপিলে কতটুকু ত্রুটি আসিবে?

[ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক = ·000012]

[A metre scale made of steel is correct at 0°C. If it is used to measure distance at 15°C, what will be the error? α for steel = ·000012]

উ। 15°C তাপমাত্রায় স্কেলটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ ঘটিবে। সুতরাং, তখন স্কেলটির দৈর্ঘ্য এক মিটারের বেশী হইবে। আমরা জানি,

দৈর্ঘ্য প্রসারণ = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য × তাপমাত্রা বৃদ্ধি × গুণাঙ্ক
= 100 × 15 × ·000012
= ·018 cm.

[প্রাথমিক দৈর্ঘ্য = 1 metre = 100 cm.]

সুতরাং 15° সেন্টিগ্রেডে ঐ স্কেল দ্বারা কোন দৈর্ঘ্য মাপিলে যাহা 1 metre অথবা 100 cm. বলিয়া স্কেল দেখাইবে তাহা প্রকৃতপক্ষে 100·018 cm.

• (চ) কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ ও সকল ধাতুর প্রসারণ সমান নয়। ফলে, কোন ধাতব তারকে কাচের দণ্ডে সীল করিয়া আটকানো যায় না কারণ দৈর্ঘ্য-প্রসারণের অসমতার ফলে, ধাতব তারকে কাচের গায়ে বিদ্ধ করিতে গেলে ফাঁক থাকিয়া যাইবে—বায়ুনিরুদ্ধ হইবে না। কিন্তু প্লাটিনামের দৈর্ঘ্য প্রসারণ কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণের প্রায় সমান বলিয়া প্লাটিনামের তারের বেলাতে এই অসুবিধা নাই। তাই কাচের দণ্ডে সহজেই প্লাটিনামের তার সীল করিয়া আটকানো যায়।

সুবিধার কারণ:

(ক) রিভেট করিয়া দুইটি ধাতব প্লেট দৃঢ়ভাবে আটকানোর পদ্ধতির কথা তোমাদের অনেকের জানা আছে। যে-দুইটি প্লেট জুড়িতে হইবে উহাদের পর পর রাখিয়া একটি ফুটা করা হয় এবং একটি রিভেট বা খিল গরম করিয়া ঐ ফুটার ভিতর ঢুকানো হয়। পরে হাতুড়ি দিয়া পিটাইয়া রিভেটের মাথা প্লেটের সঙ্গে মিশাইয়া দেওয়া হয়। রিভেট যখন ঠাণ্ডা হয় তখন উহার দৈর্ঘ্যের সংকোচন হয় এবং উহার ফলে প্লেট দুইটিকে দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া রাখে।

(খ) লৌহদণ্ডের প্রসারণ ও সংকোচনকে প্রয়োগ করিয়া যে সমস্ত বাড়ীর দেওয়াল বাহিরের দিকে বাঁকিয়া গিয়াছে তাহাদের সোজা করা হয়। দেওয়ালের মধ্য দিয়া কতকগুলি লৌহদণ্ড ঢুকাইয়া পাত ও স্ক্রুর সাহায্যে শক্ত করিয়া আটকাইয়া দেওয়া হয়। অতঃপর দণ্ডগুলিকে উষ্ণ করিয়া স্ক্রু আরো জোরে আঁটিয়া দেওয়া হয়। দণ্ডগুলি পরে যখন ঠাণ্ডা হয় তখন দৈর্ঘ্যে সংকুচিত হয় এবং উহার ফলে যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হয় তাহা দেওয়ালকে টানিয়া সোজা করে।

(গ) গাড়ীর চাকায় লোহার বেড় পরাইবার সময় লোহার প্রসারণ ও সংকোচনকে প্রয়োগ করা হয়। বেড়ের ব্যাস চাকার ব্যাস অপেক্ষা কিছু ছোট থাকে। বেড়কে উষ্ণ করিলে প্রসারিত হইয়া চাকার গায়ে ঠিক ঠিক আঁটিয়া যায়। পরে জল ঢালিয়া বেড়কে ঠাণ্ডা করিলে উহার সংকোচন হয় এবং বেড় চাকার গায়ে দৃঢ়ভাবে আট্‌কাইয়া যায়।

উদাহরণ :

15°C তাপমাত্রায় একটি লোহার বেড়ের ব্যাস 99·8 cm.; কত তাপমাত্রায় 100 cm ব্যাসযুক্ত একটি চাকায় ঐ বেড় পরানো যাইবে?

[গুণাঙ্ক $=1{\cdot}2\times10^{-5}$]

[The diameter of an iron tyre is 99·8 cm. At what temperature will it fit on a wheel whose diameter is 100 cm ? ($\alpha=1{\cdot}2\times10^{-5}$)]

উ। বেড়ের পরিধির দৈর্ঘ্য $=(\pi\times99{\cdot}8)$ cm.

চাকার পরিধির দৈর্ঘ্য $=(\pi\times100)$ cm.

সুতরাং চাকায় পরাইতে গেলে বেড়ের প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য প্রসারণ

$$=\pi\{100-99{\cdot}8\}$$
$$=\pi\times0{\cdot}2 \text{ cm.}$$

আমরা জানি,

দৈর্ঘ্য প্রসারণ = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য × তাপমাত্রাবৃদ্ধি × গুণাঙ্ক

অথবা, $\pi\times0{\cdot}2=99{\cdot}8\pi\times(t-15)\times1{\cdot}2\times10^{-5}$

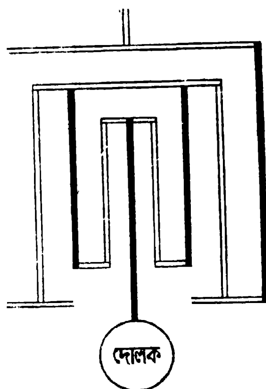
$$\therefore\ t-15=\frac{0{\cdot}2}{99{\cdot}8\times1{\cdot}2\times10^{-5}}$$
$$=167 \text{ (প্রায়)}$$
$$\therefore\ t=182^\circ\text{C}$$

অর্থাৎ, 182°C তাপমাত্রায় বেড়কে উত্তপ্ত করিলে ঐ চাকায় পরানো যাইবে।

(ঘ) যদি শিশিতে কাচের ছিপি খুব জোরে আঁটিয়া যায় তবে শিশির মুখ একটু গরম করিলেই ছিপি খুলিয়া আসে। কারণ শিশির মুখ উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হয় কিন্তু কাচ ভাল তাপ পরিবহণ করে না বলিয়া ছিপি উত্তপ্ত হইতে পারে না এবং উহার প্রসারণও হয় না। সুতরাং ছিপি আল্‌গা হইয়া যায়।

3-9. প্রতিবিহিত দোলক (Compensated Pendulum) ঃ

দেওয়াল ঘড়িতে ঘণ্টার কাঁটা বা মিনিটের কাঁটা দোলকের (Pendulum) দোলনের (oscillation) জন্য চলে এবং উহার ফলে ঘড়ি সময় নির্দেশ করে। এই দোলক একটি ধাতু দণ্ডের সাহায্যে ঝুলানো। শীত বা গ্রীষ্মে তাপমাত্রার পরিবর্তনের জন্য দোলকের ধাতুদণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারিত বা সঙ্কুচিত হয়। দৈর্ঘ্যের উপর দোলকের একবার পূর্ণ দোলনের সময় নির্ভর করে। সুতরাং, দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন হইলে দোলকের দোলনকালেরও (period) পরিবর্তন হইবে। গ্রীষ্মকালে তাপমাত্রার বৃদ্ধির সঙ্গে দৈর্ঘ্যের বৃদ্ধি হয়। ফলে দোলকের দোলনের সময়ও বৃদ্ধি পায় ও ঘড়ি ধীরে (slow) চলে। আবার শীতকালে তাপমাত্রা কমিয়া যাওয়াতে দৈর্ঘ্যের সংকোচন হয় এবং তাহার ফলে দোলকের দোলনের সময় হ্রাস পায় ও ঘড়ি দ্রুত (fast) চলে। যাহাতে ঘড়ির সময়ের এইরূপ পরিবর্তন না হয় অর্থাৎ তাপমাত্রার পরিবর্তনে দোলকের কার্যকর (effective) দৈর্ঘ্যের কোন প্রসারণ বা সংকোচন না হয় তাহার প্রতিবিধান করা উচিত। এইরূপ ব্যবস্থাযুক্ত দোলককে প্রতিবিহিত দোলক বলে।

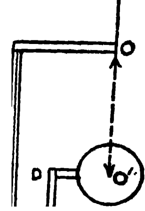


Harrison-এর দোলক
চিত্র 3জ

Harrison-এর Grid-iron দোলক ঃ ইহা একটি প্রতিবিহিত দোলক। 3জ নং চিত্রে এই দোলকের ছবি দেখানো হইল। এই ব্যবস্থায় বিভিন্ন ধাতুর কয়েকটি দণ্ডের সাহায্যে দোলক এমন-ভাবে ঝুলানো থাকে যে কয়েকটি দণ্ড নীচের দিকে প্রসারিত হইয়া দোলককে নামাইবার চেষ্টা করে, আবার অন্য কয়েকটি দণ্ড উপরের দিকে প্রসারিত হইয়া দোলককে সমানভাবে উপরের দিকে উঠাইবার চেষ্টা করে। ফলে

দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য ঠিক থাকে। চিত্রে কালো লাইনের দণ্ডগুলি লোহার তৈয়ারী এবং তলার দিকে প্রসারিত হইতে পারে, আর সরু লাইনের দণ্ডগুলি তামার তৈয়ারী এবং উপরের দিকে প্রসারিত হইতে পারে।

ধরা যাউক, AB-দণ্ডটি লোহার ও CD দণ্ডটি তামার (3ঝ নং চিত্র)। ইহারা এমনভাবে সংযুক্ত যে AB-দণ্ড তলার দিকে ও CD দণ্ড উপর দিকে সমানভাবে প্রসারিত হইয়া দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্য OO′কে অপরিবর্তিত রাখে। যদি AB দণ্ডের দৈর্ঘ্য 0°C তাপমাত্রায় l_1 হয় এবং ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক α_1 হয় তবে t°C তাপমাত্রা পরিবর্তনে ইহার নিম্নদিকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ $=l_1\alpha_1 t$.



চিত্র 3ঝ

তেমনি CD দণ্ডের দৈর্ঘ্য 0°C তাপমাত্রায় যদি l_2 হয় এবং ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক α_2 হয় তবে উক্ত তাপমাত্রা পরিবর্তনে ইহার উপরের দিকে দৈর্ঘ্য প্রসারণ $=l_2\alpha_2 t$.

যেহেতু, দুই প্রসারণ সমান, অতএব

$$l_1\alpha_1 t=l_2\alpha_2 t$$

অথবা, $$\frac{l_1}{l_2}=\frac{\alpha_2}{\alpha_1}$$

অর্থাৎ, $\dfrac{\text{লোহার দণ্ডের দৈর্ঘ্য}}{\text{তামার ,,}}=\dfrac{\text{তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক}}{\text{লোহার}}$

এখন হ্যারিসনের দোলকের প্রতি দৃষ্টিপাত করিলে দেখা যাইবে যে তাহাতে মোট পাঁচটি লোহার দণ্ড এবং চারিটি তামার দণ্ড আছে। মাঝখানের লোহার দণ্ড হইতে পিণ্ডটি ঝোলানো এবং উহার দুই পাশে দুইটি করিয়া লোহার ও তামার দণ্ড আছে। এক্ষেত্রে কার্যকর দৈর্ঘ্য প্রসারণের কথা চিন্তা করিলে সহজেই বোঝা যায় যে তিনটি লোহার দণ্ডের মোট প্রসারণ দুইটি তামার দণ্ডের মোট প্রসারণের সমান হইবে। যদি প্রত্যেকটি লোহার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য l_1 এবং তামার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য l_2 ধরা হয় তবে, আমরা লিখিতে পারি যে,

$$3l_1\alpha_1 t=2l_2\alpha_2 t$$

$$\therefore \frac{l_1}{l_2}=\frac{2\alpha_2}{3\alpha_1}$$

Invar নামক একপ্রকার শংকর (নিকেল ও ইস্পাতের) ধাতু আবিষ্কারের পর দোলক প্রতিবিহিত করিবার সমস্যা অনেক সহজ হইয়াছে। Invar-এর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক ·0000009—অর্থাৎ অতি সামান্য। সুতরাং Invar নির্মিত দোলকের দৈর্ঘ্য তাপমাত্রা পরিবর্তনে প্রায় অপরিবর্তিত থাকিবে।

উদাহরণ:

একটি প্রতিবিহিত দোলক তিনটি লোহার ও দুইটি পিতলের দণ্ড দ্বারা তৈয়ারী। প্রত্যেক লোহার দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য 100 cm. ও ইহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক ·000012. পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক ·000019 হইলে, পিতলের দণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য কত ?

[A compensated pendulum has 3 iron rods and 2 brass rods. Each iron rod is on average, 100 cm. long and its co-efficient of expansion is ·000012. If the co-efficient of expansion of brass be ·000019, what is the average length of each brass rod ?]

উ। এখানে দুইটি লোহার দণ্ডের মোট প্রসারণ = একটি পিতলের দণ্ডের মোট প্রসারণ।

এখন t°C তাপমাত্রাভেদে দুইটি লৌহদণ্ডের মোট প্রসারণ

$$=2\times 100\times \cdot 000012\times t$$

এবং t°C তাপমাত্রাভেদে একটি পিতল দণ্ডের মোট প্রসারণ

$$=l\times \cdot 000019\times t$$

[l = প্রত্যেক পিতলদণ্ডের গড় দৈর্ঘ্য]

সুতরাং, $2\times 100\times \cdot 000012\times t = l\times \cdot 000019\times t$

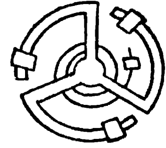
$$l=\frac{2\times 100\times \cdot 000012}{\cdot 000019}=126\cdot 3 \text{ cm.}$$

3-10. ঘড়ির প্রতিবিহিত চক্র (Compensated balance whe of a watch):

সাধারণত পকেট ঘড়ি বা হাত ঘড়িতে সময় নির্দেশের জন্য একটি চ থাকে। এই চক্রের ব্যাসার্ধের উপর ঘড়ির সময় নির্দেশ নির্ভর করে। ব্যাস বাড়িয়া গেলে ঘড়ি আস্তে চলে ; আবার ব্যাসার্ধ কমিয়া গেলে ঘড়ি দ্রুত চলে

সুতরাং এই ধরনের চক্রে ব্যাসার্ধ ঠিক রাখিতে গেলে যে উপায় অবলম্বন করা হয় উহাকে প্রতিবিহিত চক্র বলে।

এই প্রতিবিহিত চক্রে (3ঞ নং চিত্র) পূর্ণ চক্রটি তিন ভাগে ভাগ করা হয়। প্রত্যেকটি ভাগ দুইটি ভিন্ন ধাতব পাত দ্বারা তৈয়ারী। ইহার বাহিরের দিকে যে পাত তাহা সাধারণত বেশী প্রসারণশীল। ঘড়িতে বাহিরের পাত পিতল ও ভিতরের পাত মরিচাবিহীন (stainless) ইস্পাতের। প্রত্যেকটি অংশের একপ্রান্ত একটি দণ্ডের সহিত যুক্ত এবং অপর প্রান্তে একটি ভারী স্ক্রু আঁটা থাকে। তাপ পাইয়া প্রত্যেকটি দণ্ডের দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয়। ফলে চক্রের ব্যাসার্ধ বৃদ্ধি পাইতে চায় এবং স্ক্রুকে কেন্দ্র হইতে দূরে সরাইতে চায়। ইস্পাত পিতল অপেক্ষা কম প্রসারণশীল বলিয়া চক্রের গোলাকার অংশ আরো বেশী বাঁকিয়া যায়। ফলে স্ক্রু কেন্দ্রের দিকে ঝুঁকিয়া পড়ে। এই প্রসারণগুলি সমান করার ফলে স্ক্রুগুলি চক্র-কেন্দ্র হইতে সমান দূরে থাকে এবং সেই কারণে চক্রের দোলনকাল অপরিবর্তিত থাকে।


প্রতিবিহিত চক্র
চিত্র 3ঞ

উদাহরণ :

(1) একটি পিতলের স্কেলের সাহায্যে 10°C তাপমাত্রায় একটি দস্তার দণ্ডের দৈর্ঘ্য মাপিয়া 1·0001 metres পাওয়া গেল। স্কেলটি 0°C তাপমাত্রায় ত্রুটিহীন হইলে 10°C তাপমাত্রায় এবং 0°C তাপমাত্রায় দণ্ডটির প্রকৃত দৈর্ঘ্য কত হইবে? দস্তার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক 29×10^{-6} এবং পিতলের 19×10^{-6}.

[A zinc rod is measured by means of a brass scale, correct at 0°C, and is found to be 1·0001 metres long at 10°C. What is the real length of the rod at 0°C and 10°C ? Coefficient of linear expansion of zinc is 29×10^{-6} and of brass 19×10^{-6}.]

উ। স্কেলটি 0°C তাপমাত্রায় ত্রুটিহীন হওয়ায়, 10 C তাপমাত্রায় প্রত্যেকটি সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্যে কিছু বাড়িবে।

সুতরাং 10°C তাপমাত্রায় প্রত্যেকটি সেন্টিমিটার ঘরের প্রকৃত দৈর্ঘ্য

$$= 1\,(1 + \cdot000019 \times 10)\text{ cm.} = 1\,(1 + \cdot00019)\text{ cm.}$$

কিন্তু স্কেলে উহার দাগ 1 cm. থাকিবে। অর্থাৎ স্কেলে যাহা 1 cm. দেখাইতেছে 10°C তাপমাত্রায় তাহা প্রকৃতপক্ষে (1+·00019) cm.

সুতরাং 10°C তাপমাত্রা স্কেল যে দৈর্ঘ্য 1·0001 metres দেখাইতেছে তাহার প্রকৃত দৈর্ঘ্য হইবে = 1·0001 (1+·00019) = 1·00029 metres.

অর্থাৎ 10°C তাপমাত্রায় দস্তার দণ্ডের প্রকৃত দৈর্ঘ্য = 1·00029 metres. এখন, ধরা যাউক 0°C তাপমাত্রায় দস্তার দণ্ডের প্রকৃত দৈর্ঘ্য = l_o ; সুতরাং দস্তার দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিবেচনা করিলে লেখা যাইতে পারে,

$$1·00029 = l_o(1+·000029 \times 10)$$
$$= l_o(1+·00029)$$
$$\therefore \quad l_o = \frac{1·00029}{1·00029} = 1 \text{ metre.}$$

(2) 35°F তাপমাত্রায় একটি ইস্পাতের রেল লাইন পাতা হইল। প্রত্যেকটি রেলের দৈর্ঘ্য 39 ft হইলে, প্রত্যেক পর পর দুইটি রেলের ভিতর কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে যদি উহারা 120° F তাপমাত্রায় ঠিক স্পর্শ করে? ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক = 12×10^{-6} per °C.

[If steel railroad rails are laid when the temperature is 30° F, how much gap must be left between each 39 ft. rail section and the next, if the rails should just touch when the temperature rises to 120°F ? Co-efficient of linear expansion of steel is 12×10^{-6} per °C.]

উ। আমরা জানি, $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$

এই সম্পর্ক হইতে, 35° F = $\frac{5}{3}$ °C এবং 120° F = $\frac{440}{9}$ °C.

ধর, দুইটি পরপর রেললাইনের ভিতর যে ফাঁক রাখিতে হইবে তাহা = x ft. ইহা সহজেই বোঝা যায় যে $\frac{5}{3}$ °C হইতে তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইয়া $\frac{440}{9}$ °C হইলে প্রত্যেক রেলের দৈর্ঘ্য x ft. বৃদ্ধি পাইবে।

আমরা জানি, দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি = প্রাথমিক দৈর্ঘ্য × গুণাঙ্ক × তাপমাত্রাবৃদ্ধি

অথবা, $$x = 39 \times 12 \times 10^{-6} \times \left(\frac{440}{9} - \frac{5}{3}\right)$$
$$= 39 \times 12 \times 10^{-6} \times \frac{425}{9} \text{ ft.}$$
$$= ·0221 \text{ ft.}$$
$$= ·2652 \text{ inch.}$$

(3) 0°C তাপমাত্রায় রক্ষিত একটি পিতলের ব্লককে (10″ × 4″ × 1″) 700°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। ব্লকটির আয়তন বৃদ্ধি নির্ণয় কর। পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক $= 19 \times 10^{-6}$ per °C.

[A rectangular block of brass (10″ × 4″ × 1″) at 0°C is heated to 700°C. Calculate the increase in volume. Coefficient of linear expansion of brass $= 19 \times 10^{-6}$ per °C.]

উঃ। 0°C তাপমাত্রায় ব্লকটির আয়তন V_o ধরিলে,

$$V_o = 10 \times 4 \times 1$$
$$= 40 \text{ cubic inches.}$$

পিতলের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক $\gamma = 3 \times$ দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক
$$= 3 \times 19 \times 10^{-6}$$
$$= 57 \times 10^{-6}$$

এখন, আয়তন বৃদ্ধি = প্রাথমিক আয়তন × গুণাঙ্ক × তাপমাত্রাবৃদ্ধি
$$= 40 \times 57 \times 10^{-6} \times (700 - 0)$$
$$= 40 \times 57 \times 10^{-6} \times 700$$
$$= 1{\cdot}596 \text{ cubic inches.}$$

সারাংশ

তাপ প্রয়োগে সকল কঠিন পদার্থের প্রসারণ হয়। এই প্রসারণ তিন প্রকারের হইতে পারে। যথা :

দৈর্ঘ্য প্রসারণ, ক্ষেত্র প্রসারণ ও আয়তন প্রসারণ।

বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন।

দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$$\alpha = \frac{\text{দৈর্ঘ্য প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক দৈর্ঘ্য} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \times (t_2 - t_1)}$$

ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$$\beta = \frac{\text{ক্ষেত্র প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক ক্ষেত্র} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{S_2 - S_1}{S_1(t_2 - t_1)}$$

আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$$\gamma = \frac{\text{আয়তন প্রসারণ}}{\text{প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{V_2 - V_1}{V_1(t_2 - t_1)}$$

পুলিঞ্জারের যন্ত্রদ্বারা পরীক্ষাগারে যে-কোন কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করা যায়।

প্রতিবিহিত দোলক :—

তাপমাত্রার পরিবর্তনে দোলকের কার্যকর দৈর্ঘ্যের কোন পরিবর্তন যাহাতে না হইতে পারে সেইরূপ ব্যবস্থাযুক্ত দোলককে প্রতিবিহিত দোলক বলে। নির্ভুল সময়-নির্দেশের জন্য ভাল ঘড়িতে উক্ত দোলক বা চক্র ব্যবহৃত হয়। শীতে বা গ্রীষ্মে উক্ত দোলক আপনা হইতেই কার্যকর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত রাখে। ইহার ফলে দোলক নির্ভুল সময় নির্দেশ করিতে পারে। হ্যারিসনের Grid-iron দোলক একটি প্রতিবিহিত দোলক।

প্রশ্নাবলী

1. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কাহাকে বলে? ইহা কি দৈর্ঘ্যের একক বা তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে?

[What is co-efficient of linear expansion of a soild? Does it depend upon the unit of length or upon the unit of temperature?]

2. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ। ইহা কি দৈর্ঘ্যের একক বা তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভরশীল? একই কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য ও আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের ভিতর সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Define the term 'coefficient of linear expansion of a solid. How does it depend on the scales of length and temperature used? Work out the relation between the co-efficients of linear and cubical expansion of the same solid.] [*H. S. Exam. 1960, 1962*]

3. দৈর্ঘ্য সেন্টিমিটারে মাপিয়া পিতলের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডে 0·000018 হইলে ঐ গুণাঙ্কের মান প্রতি ডিগ্রী ফারেনহাইটে কত হইবে যদি দৈর্ঘ্য গজে মাপা হয়?

[If the co-efficient of linear expansion of brass be 0·000018 for a centigrade degree, the length being measured in centimetres, what will be its value for a Fahrenheit degree, if the length be measured in yard?]

[*H. S. Exam., 1962*] Ans. 0·00001]

4. বিভিন্ন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ বিভিন্ন তাহা কয়েকটি পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[Explain by means of suitable experiments, that different substances expand differently in length.]

5. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির যথাযথ উত্তর লেখ :—

(ক) বোতলের গলায় গরম জল ঢালিলে আঁট ছিপি আলগা হয় কেন?

(খ) রেললাইন পাতার সময় প্রত্যেক দুই টুকরা লাইনের মাঝে খানিকটা ফাঁক থাকে কেন?

(গ) লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক ·000012 বলিতে কি বোঝ?

(ঘ) দুইটি বিভিন্ন ধাতুর পাত শক্তভাবে জোড়া লাগাইয়া উত্তপ্ত করিলে বাঁকিয়া যায় কেন ?

(ঙ) ধাতুনির্মিত স্কেল বিভিন্ন তাপমাত্রায় নির্ভুলভাবে দৈর্ঘ্য নির্ণয় করিতে পারে কি ?

(চ) প্লাটিনাম তার সহজে কাচের দণ্ডে সীল করা যায় কিন্তু তামার তার করা যায় না কেন ?

[Answer the following questions carefully :—

(a) Why does a tight stopper become loose when hot water is poured on the neck of the bottle ?

(b) Why is a small gap left between successive rails while laying the railway lines ?

(c) What do you mean by saying that the co-efficient of linear expansion of iron is 000012 ?

(d) Why does a composite strip made of two different metals buckle when heated ?

(e) Can a metal scale measure distances accurately at different temperatures ?

(f) A platinum wire can be easily fused into a glass rod but not a copper wire ; why ?

6. প্রায় সকল কঠিন পদার্থ তাপ পাইয়া দৈর্ঘ্যে প্রসারিত হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে এই প্রসারণ কাজের পক্ষে সুবিধাজনক ; আবার কোন কোন ক্ষেত্রে অসুবিধাজনক। উদাহরণ দিয়া ইহার সত্যতা প্রমাণ কর।

[Most solids expand when heated ; in some cases the expansion can be made to serve useful purposes while in other, it is a nuisance for which allowance has to be made. Give examples of each.]

7. কঠিন পদার্থের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয়ের কোন পদ্ধতি সবিস্তারে বর্ণনা কর।

[Describe in detail, a method for determining the co-efficient of linear expansion of a solid.]

8. একটি লোহার পাইপ 0°C তাপমাত্রায় 60 ft দীর্ঘ। 100°C তাপমাত্রায় উহার দৈর্ঘ্য কত হইবে ? লোহার a = ·000012

[An iron pipe is 60 ft long at 0°C. What would be its length at 100°C ? α for iron -- ·000012] [Ans. 60 072 ft.]

9. 280 cm দীর্ঘ একটি ধাতবদণ্ডের তাপমাত্রা 0°C হইতে 100°C বৃদ্ধি করিলে উহার 2·75 mm দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয়। ঐ ধাতুর দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[The temperature of a metal rod, 280 cm. long, is increased from 0°C to 100°C and the expansion in length of the rod was 2·75 mm. Calculate the co-efficient of linear expansion of the metal. [Ans. $11·9\times10^{-6}$]

10. একটি লৌহদণ্ড ও একটি দস্তার দণ্ড 0°C তাপমাত্রায় যথাক্রমে 25·55 এবং 25·5 cm দৈর্ঘ্য। কত তাপমাত্রায় উহাদের দৈর্ঘ্য ঠিক সমান হইবে? লোহার α = ·00001 এবং দস্তার α = ·00008 প্রতি °C.

[An iron rod and a zinc rod are respectively 25·55 cm. and 25·5 cm. long at 0°C. At what temperature will they be exactly equal in length? α for iron = ·00001 and α for zinc = ·00008 per °C.] [Ans. 98°C]

11. কোন কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে প্রসারণ গুণাঙ্ক দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্কের দ্বিগুণ ও আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক দৈর্ঘ্য-প্রসারণ গুণাঙ্কের তিনগুণ, ইহা প্রমাণ কর।

[Prove that for a solid, the co-efficient of cubical expansion is three times and the co-efficient of surface expansion twice that of linear expansion.]

• 12. আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ। একখণ্ড তামাকে কঠিন অবস্থায় রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে উহার ঘনত্বের কি পরিবর্তন হইবে?

নিম্ন তাপমাত্রায় কোন বস্তুর আয়তনের সহিত উচ্চ তাপমাত্রায় ঐ বস্তুর আয়তনের আংকিক সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

0°C তাপমাত্রায় রক্ষিত একটি আয়তাকার তাম্রখণ্ডকে (8″ × 5″ × 1″) 800°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করা হইল। তাম্রখণ্ডটির আয়তনবৃদ্ধি নির্ণয় কর। (তামার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক = $0·16 \times 10^{-4}$ প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড)।

[Define co-efficient of cubical expansion. If a block of copper be heated in the solid state, how will its density be affected?

• Establish a mathematical relation between the volumes of a body at a higher and a lower temperature.

A rectangular block of copper (8″ × 5″ × 1″) at 0°C is heated to 800°C. Calculate the increase in volume. Co-efficient of linear expansion of copper = $0·16 \times 10^{-4}$ per degree centigrade.) (*H. S. (Comp.) 1961*]

[Ans. 1·586 cubic inches]

13. 80 ft দীর্ঘ টুকরা টুকরা লোহার রেল দ্বারা লাইন করিতে হইবে। তাপমাত্রার ব্যবধান 50°C হইলে উহাদের প্রত্যেক দুই টুকরার ভিতর কতটা ফাঁক রাখিতে হইবে? লোহার α = ·000012 প্রতি °C.

[A railway line is to be constructed by iron rails, each of which is 80 ft. long. If the temperature difference is 50°C, what gap must be left between each two piece? α for iron = ·000012 per °C] (Ans. 0·216 inch)

14. এলাহাবাদ হইতে দিল্লীর দূরত্ব 890 মাইল। শীতে ও গ্রীষ্মে তাপমাত্রার পরিবর্তন যদি 86°F হইতে 117°F হয় তবে উক্ত রেলপথ কতটুকু ফাঁক রাখিতে হইবে? লোহার দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক = ·000012 per °C.

[The distance between Allahabad and Delhi is 890 miles. Find the total space that must be left between the rails to allow for a change of temperature from 86°F in winter to 117°F in summer. Co-efficient of linear expansion of iron = ·000012 per °C.] (Ans. 0·2084 miles.)

15. একটি চাকার ব্যাসার্ধ 3 ft. ; একটি লোহার বেড় 0°C তাপমাত্রায় 2·992 ft. ব্যাসার্ধ-যুক্ত। তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি করিলে ঐ বেড় চাকার গায়ে পরানো যাইবে? লোহার $\alpha = 12 \times 10^{-6}$.

[The radius of a wheel is 3 ft, and that of an iron tyre is 2·992 ft. at 0°C At what temperature will the tyre fit exactly on the wheel ? α for iron = 12×10^{-6}.] [Ans. 223°C]

16. একটি রেললাইন 30 ft. লম্বা টুক্‌রা টুক্‌রা লোহার লাইন দ্বারা তৈয়ারী। 90°F তাপমাত্রায় লাইনগুলি ঠিক মুখে মুখে লাগিয়া যায়। হিমাঙ্ক তাপমাত্রায় প্রত্যেক দুইটি টুক্‌রার ভিতর কতখানি ফাঁক থাকিবে ?

[A railway line is made of iron rails, each of which is 30 ft. long. The rails touch each other at 90°F. How much gap will be left between each pair at a temperature corresponding to freezing point ?] (Ans. 0·14 inch)

17. একটি ইস্পাত নির্মিত স্কেল 15°C তাপমাত্রায় ত্রুটিবিহীন। 80°C তাপমাত্রায় উক্ত স্কেল-দ্বারা কোন দূরত্ব মাপিয়া দেখা গেল 2000 ft. ঐ দূরত্ব নির্ণয়ে কতটুকু ত্রুটি হইল ? ইস্পাতের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক = ·000011.

[A scale, made steel, is correct at 15°C. A certain distance measured with this scale at 80°C is found to be 2000 ft. Find the error in the measurement. α for steel = ·000011] [Ans. 0·88 ft. less.]

18. প্রতিবিহিত দোলক কাহাকে বলে ? তোমার জানা কোন প্রতিবিহিত দোলকের বর্ণনা কর।

[What is a compensated pendulum ? Describe a compensated pendulum that you know.]

[Objective type Questions]

19. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির মধ্যে যেটির উত্তর 'হ্যাঁ' বলিয়া মনে কর তাহার পাশের শূন্য স্থানে Y এবং যেটির উত্তর 'না' মনে কর তাহার স্থলে N লেখ :—

(i) দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কি দৈর্ঘ্যের এককের উপর নির্ভর করে ?—

(ii) দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কি তাপমাত্রার এককের উপর নির্ভর করে ? —

(iii) পদার্থের প্রসারণ কি সর্বদাই সুবিধাজনক ? —

(iv) দৈর্ঘ্য প্রসারণ বা সংকোচনে ঘড়ির সময় রাখা কি বিঘ্নিত হয় বলিয়া মনে কর ? —

(v) এমন কোন্ ধাতু আছে কি যাহার প্রসারণ অতি নগণ্য ? —

(vi) ক্ষেত্র প্রসারণ গুণাঙ্কের সহিত আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের কোন সম্বন্ধ আছে কি ? —

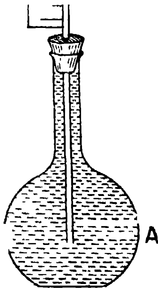
চতুর্থ পরিচ্ছেদ

তরল ও গ্যাসের প্রসারণ

(Expansion of Liquids and Gases)

4-1 তরলের প্রসারণ (Expansion of liquids) :

তাপ প্রয়োগে কঠিন পদার্থের মত তরল পদার্থেরও প্রসারণ হয়। কিন্তু তরলের প্রসারণ আলোচনা করিতে গেলে কয়েকটি কথা মনে রাখিতে হইবে। প্রথমত, তরলের নিজস্ব কোন আকার নাই। তরল পাত্রের আকার ধারণ করে। সুতরাং, ইহার দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ সম্ভব নহে। **তরলের মাত্র আয়তন প্রসারণ হয়**। দ্বিতীয়ত, তরলের প্রসারণ লক্ষ্য করিতে গেলে তরলকে কোন পাত্রে রাখিয়া উত্তপ্ত করিতে হইবে। কিন্তু তাপ প্রয়োগে তরলের সঙ্গে সঙ্গে পাত্রেরও প্রসারণ হইবে। সুতরাং **পাত্রের প্রসারণের পরিপ্রেক্ষিতে তরলের প্রসারণ বিচার করিতে হইবে**। নিম্নে বর্ণিত সহজ পরীক্ষা দ্বারা তরলের প্রসারণ দেখানো যাইতে পারে।



তরলের প্রসারণ পরীক্ষা
চিত্র 4ক

পরীক্ষা : A একটি কাচের ফ্লাস্ক। ইহার গলা সরু ও লম্বা। ফ্লাস্কের ছিপি দিয়া একটি সরু কাচনল ঢুকানো আছে। একটি স্কেল B নলের সঙ্গে সংযুক্ত। ফ্লাস্কটি রঙ্গীন জলে পূর্ণ কর এবং নলসহ ছিপি আঁটিয়া দাও। মনে কর জলের তল O দাগ পর্যন্ত পৌছিল। এই ফ্লাস্কটিকে গরম জলে পূর্ণ অপর একটি পাত্রে বসাইলে দেখা যাইবে যে রঙ্গীন জল P দাগ পর্যন্ত নামিয়া আসিল। পরে আস্তে আস্তে জলের তল Q দাগ পর্যন্ত পৌছিল (4ক নং চিত্র)। এরূপ হইবার কারণ কি ?

গরম জলে ফ্লাস্ক বসাইলে প্রথমে কাচ উত্তপ্ত হইয়া প্রসারিত হয়। কিন্তু কাচ ভাল তাপ পরিবাহী নয় বলিয়া ফ্লাস্কের ভিতরস্থ জল ঐ তাপ তৎক্ষণাৎ পায় না। সুতরাং কাচের প্রসারণের ফলে যে আয়তনের বৃদ্ধি হইল জল তাহা অধিকার করায় জলের তল খানিকটা নামিয়া P দাগ পর্যন্ত পৌছায়।

পরে যখন জল তাপ পায় তখন উহার আয়তনের প্রসারণ হয়। জলের আয়তন প্রসারণ কঠিন পদার্থ (এখানে কাচ) অপেক্ষা বেশী বলিয়া জল আস্তে আস্তে O দাগ ছাড়াইয়া Q দাগ পর্যন্ত পৌঁছাইবে।

সুতরাং, জলের আয়তন প্রসারণ প্রকৃতপক্ষে P দাগ হইতে Q দাগ পর্যন্ত এবং কাচের আয়তন প্রসারণ O হইতে P দাগ পর্যন্ত হইল। যদিও কাচ তাপের সুপরিবাহী নয় তবুও ফ্লাস্কের ভিতরের জলের তাপ পাইতে খুব বিশেষ দেরী হয় না এবং কঠিন পদার্থের আয়তন প্রসারণ খুব কম বলিয়া আমরা চোখে তরলের প্রসারণ O দাগ হইতে Q দাগ পর্যন্ত দেখি।

উপরোক্ত কারণে O হইতে Q দাগ পর্যন্ত আয়তন প্রসারণকে বলা হয় তরলের **আয়তনের আপাত** (apparent) **প্রসারণ** এবং P হইতে Q পর্যন্ত আয়তন প্রসারণকে বলা হয় তরলের **আয়তনের প্রকৃত** (real) **প্রসারণ**।

যেহেতু নলটি সমব্যাসযুক্ত, সুতরাং, OP, PQ, এবং OQ আয়তনগুলি উহাদের দৈর্ঘ্যের সমানুপাতিক।

4ক নং চিত্র হইতে বোঝা যায় যে PQ = OQ + OP

অর্থাৎ, **তরলের প্রকৃত প্রসারণ = তরলের আপাত প্রসারণ + পাত্রের প্রসারণ।**

4.2. তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of apparent exansion of liquid) :

0°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে আয়তন হয় প্রতি ডিগ্রী সেণ্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে আপাত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

ধরা যাউক, কোন তরলের 0°C তাপমাত্রায় আয়তন V_0. উহার তাপমাত্রা t°C করিলে উহার আপাত (apparent) আয়তন ধরা যাউক, V_t হইল। সুতরাং,

t°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তরলের আয়তনের আপাত প্রসারণ $= V_t - V_0$

অথবা, " " " প্রতি একক " " " $= \dfrac{V_t - V_0}{V_0}$

∴ 1°C " " " " " " " " $= \dfrac{V_t - V_0}{V_0 t}$

ইহাকেই তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলা হয়। যদি এই গুণাঙ্ক γ' ধরা হয়, তবে,

$$\gamma' = \frac{V_t - V_o}{V_o t} = \frac{\text{আয়তনের আপাত প্রসারণ}}{0°\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

অথবা, $V_t - V_o = V_o \gamma' t$

$$\therefore \quad V_t = V_o \{ 1 + \gamma' t \}$$

ইহা মনে রাখিতে হইবে যে তরলের γ' কোন ধ্রুবক (constant) নহে। তরল যে-পাত্রে রাখা হইবে তাহার উপাদানের উপর γ' নির্ভর করে। উপরন্তু তাপমাত্রার এককের উপরও উহা নির্ভরশীল। সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় কোন তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক যদি γ' হয় তবে ফারেনহাইট তাপমাত্রায় $\frac{5}{9}\gamma'$ হইবে।

প্রায় প্রত্যেক তরলেরই আয়তন প্রসারণ খুব কম। তাই প্রাথমিক তাপমাত্রা সর্বদা 0°C না রাখিয়া অন্য কোন তাপমাত্রা রাখিলে বিশেষ কিছু ভুল হয় না। অর্থাৎ t_1°C প্রাথমিক তাপমাত্রায় কোন তরলের আয়তন V_1 এবং t_2°C তাপমাত্রায় উহার আপাত আয়তন V_2 হইলে $(t_2 > t_1)$ আমরা উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্য লইয়া লিখিতে পারি যে,

$$V_2 = V_1 \{1 + \gamma'(t_2 - t_1)\}$$

4-3. তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of real expansion of liquid) :

0°C তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে-আয়তন হয় প্রতি 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আয়তনের প্রতি এককে যে প্রকৃত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

ধরা যাউক, কিছু তরলের 0°C তাপমাত্রায় আয়তন V_o. উহার তাপমাত্রা t°C করাতে, ধরা যাউক, প্রকৃত আয়তন দাঁড়াইল V_t. সুতরাং,

t°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে তরলের আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ $= V_t - V_o$

অথবা ,, ,, ,, ,, প্রতি একক আয়তনে ,, $= \dfrac{V_t - V_o}{V_o}$

$\therefore$ 1°C ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, ,, $= \dfrac{V_t - V_o}{V_o t}$

ইহাকেই তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলা হয়। যদি এই গুণাঙ্ক γ ধরা হয়, তবে

$$\gamma = \frac{V_t - V_o}{V_o t} = \frac{\text{আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ}}{0^\circ\text{C তাপমাত্রায় আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

অথবা, $V_t - V_0 = V_o \gamma t$

$$\therefore \quad V_t = V_o \{ 1 + \gamma t \}$$

ইহা মনে রাখিতে হইবে যে, তরলের γ আধারের উপর নির্ভর করে না। কিন্তু তাপমাত্রার একক পরিবর্তন করিলে γ পরিবর্তিত হইবে। ফারেনহাইটে γ-র মান সেন্টিগ্রেডের মানের $\frac{5}{9}$ ভাগ।

আপাত প্রসারণের ন্যায় প্রকৃত প্রসারণের বেলাতেও প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C-এর পরিবর্তে অন্য তাপমাত্রা লওয়া যাইতে পারে। যেমন, $t_1{}^\circ$C প্রাথমিক তাপমাত্রায় কোন তরলের আয়তন V_1 এবং $t_2{}^\circ$C তাপমাত্রায় উহার প্রকৃত আয়তন V_2 হইলে ($t_2 > t_1$) লেখা যাইতে পারে যে

$$V_2 = V_1 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$$

4-4. আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্কের পারস্পরিক সম্পর্ক (Relation between the co-efficients of apparent and real expansion) :

ধর, γ = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক

γ' = ,, আপাত ,, ,,

γ_g = পাত্রের উপাদানের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক।

ধর, 0°C তাপমাত্রায় O দাগ পর্যন্ত ফ্লাস্কটির ভিতরকার আয়তন V_o (4ক নং চিত্র)। সুতরাং, ফ্লাস্কের ভিতরের জলের আয়তনও ঐ তাপমাত্রায় V_o; ধরা যাউক, t°C তাপমাত্রা বৃদ্ধি করা হইল। নলের প্রস্থচ্ছেদ (cross-section) S হইলে,

পাত্রের ভিতরকার আয়তন প্রসারণ = $OP \times S$

তরলের আপাত আয়তন প্রসারণ = $OQ \times S$

,, প্রকৃত ,, ,, = $PQ \times S$

আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি,

$$\gamma_g = \frac{\text{পাত্রের আয়তন প্রসারণ}}{\text{পাত্রের প্রাথমিক আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}} = \frac{OP \times S}{V_o t}$$

$$\gamma' = \frac{\text{তরলের আপাত প্রসারণ}}{0°C \text{ তাপমাত্রায় তরলের আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$= \frac{OQ \times S}{V_o t}$$

$$\gamma = \frac{\text{তরলের প্রকৃত প্রসারণ}}{0°C \text{ তাপমাত্রায় তরলের আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

$$= \frac{PQ \times S}{V_o t}$$

এখন $\gamma' + \gamma_g = \frac{S}{V_o t}\left\{ OP + OQ \right\} = \frac{PQ \times S}{V_o t} = \gamma$

অর্থাৎ, **তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক + পাত্রের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক।**

উদাহরণ ঃ

(1) লম্বা, সূক্ষ্ম ও সমব্যাসযুক্ত রন্ধ্রের কাচনলে 0°C তাপমাত্রায় 1 metre দীর্ঘ একটি পারদ সূত্র আছে। তাপমাত্রা 100°C-এ বৃদ্ধি করিলে পারদসূত্রের দৈর্ঘ্য 16·5 mm বৃদ্ধি পায়। পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক ·000182 হইলে কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কত হইবে?

[A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury 1 metre long at 0°C. When the temperature is raised to 100°C the thread of mercury is found to be 16·5 mm. longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be ·000182, calculate the co-efficient of linear expansion of glass.] [*H. S. (comp.) 1960*]

উ। ধরা যাউক রন্ধ্রের প্রস্থচ্ছেদ = α sq. cm.

0°C তাপমাত্রায় পারদসূত্রের আয়তন V_o ধরিলে, $V_o = 100.\alpha$ c.c.

পারদসূত্রের আয়তন বৃদ্ধি $= 1·65.\alpha$ c.c.

যদি γ' পারদের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক হয় তবে আমরা জানি,

আয়তন বৃদ্ধি = প্রাথমিক আয়তন × আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক × তাপমাত্রাবৃদ্ধি

অথবা, $1.65\,\alpha = 100.\alpha \times \gamma' \times 100$

$$\therefore \quad \gamma' = \frac{1.65}{10^4} = 1.65 \times 10^{-4}$$

এখন, আমাদের জানা আছে,

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক = তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক + পাত্রের প্রসারণ গুণাঙ্ক

সুতরাং $1.82 \times 10^{-4} = 1.65 \times 10^{-4}$ + কাচের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক

$\therefore$ কাচের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক $= (1.82 - 1.65) \times 10^{-4}$

$= 0.17 \times 10^{-4}$

অতএব কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক $= \frac{0.17 \times 10^{-4}}{3}$

$= 5.6 \times 10^{-}$

(2) পারদের প্রসারণ গুণাঙ্ক $\frac{1}{5550}$; একটি পারদ থার্মোমিটারের কুণ্ডের আয়তন 1 c.c. এবং থার্মোমিটার নলের রন্ধ্রের প্রস্থচ্ছেদ 0.001 sq. cm ; 0°C তাপমাত্রায় কুণ্ডটি পারদপূর্ণ হইলে 100°C তাপমাত্রায় পারদ কোন্ দাগে পৌছাইবে নির্ণয় কর। কাচের প্রসারণ উপেক্ষণীয়।

[The co-efficient of expansion of mercury is $\frac{1}{5550}$. If the bulb of a mercury thermometer is 1 c.c. and the section of the bore of the tube 0.001 sq. cm, find the position of the mercury at 100°C, if it just fills the bulb at 0°C. Neglect the expansion of glass.]

উ। এক্ষেত্রে 1 c.c. পারদ আয়তনে বৃদ্ধি পাইয়া যে অতিরিক্ত আয়তন অধিকার করিবে তাহা

= প্রাথমিক আয়তন × গুণাঙ্ক × তাপমাত্রার প্রভেদ

$$= 1 \times \frac{1}{5550} \times 100 = \frac{2}{111} \text{ c. c.}$$

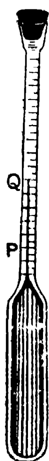
এই অতিরিক্ত আয়তনের পারদ থার্মোমিটারের রন্ধ্র অধিকার করিবে যদি ধরা যায় যে রন্ধ্রের x cm দৈর্ঘ্য অধিকার করিল তবে,

$$x \times \frac{1}{1000} = \frac{2}{111}$$

$$\therefore \quad x = \frac{2000}{111} = 18{\cdot}02 \text{ c.m. (প্রায়)}$$

সুতরাং কুণ্ড হইতে 18·02 দূরে যে দাগ আছে পারদ সেই পর্যন্ত পৌছাইবে

4-5. তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় (Determinatio of co-efficient of apparent expansion of liquid) :



ডিলাটোমিটার বা আয়তন থার্মোমিটার
চিত্র 4থ

(ক) **ডিলাটোমিটার বা আয়তন থার্মোমিটার দ্বার** (By the Dilatometer or Volume thermometer) :

4 থ নং চিত্রে একটি ডিলাটোমিটার দেখানো হইয়াছে। এ যন্ত্রে একটি কাচের কুণ্ড থাকে। কুণ্ডটি একটি 20 কি 30 cm লম্বা, সরু ও সমব্যাসযুক্ত কাচনলের সহিত যুক্ত। নলের গা আয়তন নির্দেশক দাগ কাটা আছে। কুণ্ড ও নলের খানিকট অংশ কোন তরল দ্বারা ভর্তি করিলে ঐ দাগ হইতে তরলে মোট আয়তন জানা যাইবে।

ধর, পরীক্ষাধীন তরল দ্বারা কুণ্ড ও নলের কিছু অংশ পূ করিয়া বরফে ডুবাইয়া রাখিলে তরল P দাগ পর্যন্ত পৌছিল অর্থাৎ 0°C তাপমাত্রায় তরলের আয়তন উক্ত দাগ হইতে পাওয়া যাইবে। ধরা যাউক, ইহা V_o ; অতঃপর কুণ্ডে একটি জলপূর্ণ পাত্রে রাখিয়া ঐ জলকে আস্তে আস্তে গ কর এবং t°C তাপমাত্রায় স্থির রাখ। ধর, তরল আয়তনে প্রসারিত হইয়া Q দাগ পর্যন্ত পৌছিল ; ইহার আয়তন ধরা যাউক, V_t.

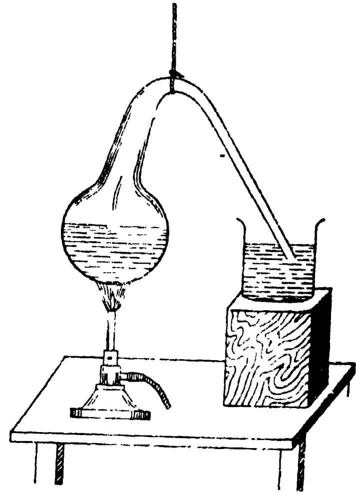
সুতরাং, $V_t - V_o$ = তরলের আয়তনের আপাত প্রসারণ।

$$\therefore \quad \gamma' = \frac{V_t - V_o}{V_o t}$$

(খ) **ভার থার্মোমিটার দ্বারা** (By Weight thermometer) :

ভার থার্মোমিটার বস্তুত একটি সরু বাঁকা নলযুক্ত কাচের কুণ্ড। পর পৃষ্ঠা 4গ নং চিত্রে একটি ভার থার্মোমিটারের ছবি দেখানো হইল।

প্রথমে ইহাকে খালি অবস্থায় ওজন কর। ধর, ইহা m_1 gm. পরে সূচালো মুখ পরীক্ষাধীন তরলে ডুবাইয়া কুণ্ডটি একটু গরম কর। কুণ্ডের ভিতরের বায়ু আয়তনে বাড়িয়া তরলের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যাইবে। এখন কুণ্ডকে ঠাণ্ডা করিলে কিছু তরল সরু মুখ দিয়া কুণ্ডে প্রবেশ করিবে। এইরূপ কয়েকবার কুণ্ডকে পর্যায়ক্রমে গরম ও ঠাণ্ডা করিলে থার্মোমিটার তরল দ্বারা পূর্ণ হইবে। সূচাল মুখ তরলে ডুবাইয়া কুণ্ডকে ঘরের তাপমাত্রায় ফিরিয়া আসিতে দাও। অতঃপর পুনরায় ইহার ওজন লও। ধর, ইহা m_2 gm ; ঘরের তাপমাত্রা লক্ষ্য কর। মনে কর, ইহা t_1°C. এইবার কুণ্ডকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাও এবং জল আস্তে আস্তে গরম কর। কুণ্ডের অভ্যন্তরস্থ তরল আয়তনে বাড়িবে এবং নল বাহিয়া বাহির হইয়া যাইবে। জলকে t_2°C তাপমাত্রায় বেশ কিছুক্ষণ স্থির রাখ। সূচালো মুখ দিয়া কুণ্ডের তরল যখন আর বাহির হইবে না তখন কুণ্ডকে জল হইতে তুলিয়া আন ও ঠাণ্ডা হইতে দাও। যখন কুণ্ড আবার ঘরের তাপমাত্রা পাইবে তখন ইহাকে পুনরায় ওজন কর। ধর, এই ওজন হইল m_3 gm.



ভার থার্মোমিটার

চিত্র 4গ

গণনা :

$m_2 - m_1 = M_1$ (ধর) $= t_1°C$ তাপমাত্রায় থার্মোমিটার পূর্ণ তরলের ভর

$m_3 - m_1 = M_2$ (ধর) $= t_2°C$,, ,, ,, ,, ,,

সুতরাং, $M_1 - M_2 =$ বহিষ্কৃত তরলের ভর।

কাচের আয়তনকে উপেক্ষা করিয়া বলা যাইতে পারে যে $t_1°C$ তাপমাত্রায় M_1 gm. তরলের আয়তন $= t_2°C$ তাপমাত্রায় M_2 gm. তরলের আয়তন।

এখন $t_1°C$ তাপমাত্রায় M_1 gm. তরলের আয়তন $= \frac{M_1}{D}$

[$D = t_1°C$-এ তরলের ঘনত্ব

এবং $t_1{}^\circ C$ তাপমাত্রায় M_2 gm. তরলের আয়তন $=\frac{M_2}{D}$

$\therefore$ $t_2{}^\circ C$ তাপমাত্রায় M_2 gm. তরলের আপাত আয়তন

$$=\frac{M_2}{D}\left\{1+\gamma'(t_2-t_1)\right\}$$

[γ' = তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক]

$$\therefore \quad \frac{M_1}{D}=\frac{M_2}{D}\left\{1+\gamma'(t_2-t_1)\right\}$$

অথবা, $\frac{M_1}{M_2}=1+\gamma'(t_2-t_1)$

অথবা, $\frac{M_1-M_2}{M_2}=\gamma'(t_2-t_1)$

$$\therefore \quad \gamma'=\frac{M_1-M_2}{M_2(t_2-t_1)}=\frac{\text{বহিষ্কৃত তরলের ভর}}{t_2{}^\circ C\text{-এ অবশিষ্ট তরলের ভর} \times \text{তাপমাত্রাবৃদ্ধি}}$$

[দ্রঃ এই পরীক্ষায় আয়তনের পরিবর্তে তরলের ওজন নির্ণয় করিয়া আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক বাহির করা হয় বলিয়া যন্ত্রটিকে ভার থার্মোমিটার বলে। তাছাড়া আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক জানা থাকিলে এই পদ্ধতিতে কোন অজ্ঞাত তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায় বলিয়া ইহার নাম থার্মোমিটার দেওয়া হইয়াছে।]

উদাহরণ :

• একটি ভার থার্মোমিটারে 0°C তাপমাত্রায় 300 gms পারদ আছে। ফুটন্ত জলে থার্মোমিটার ডুবাইলে 4·54 gms পারদ বাহির হইয়া গেল। পারদের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক কত ?

[A weight thermometer contains 300 gms of mercury at 0°C When it is placed in boiling water, 4·54 gms of mercury were expelled. What is the co-efficient of apparent expansion of mercury ?]

উ। বহিষ্কৃত পারদের ভর $= 4{\cdot}54$ gms

অবশিষ্ট পারদের ভর $= 300 - 4{\cdot}54 = 295{\cdot}46$ gms

ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা $= 100^\circ C$

আমরা জানি

$$\gamma'=\frac{\text{বহিষ্কৃত পারদের ভর}}{\text{অবশিষ্ট পারদের ভর} \times \text{তাপমাত্রাবৃদ্ধি}}$$

$$=\frac{4{\cdot}54}{295{\cdot}46 \times 100}=15 \times 10^{-5}$$

4-6. তরলের ঘনত্বের সহিত উহার প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্কের সম্পর্ক (Relation between density and co-efficient of real expansion of a liquid) :

ধরা যাউক, কিছু পরিমাণ তরলের ভর 'm' এবং t_1°C তাপমাত্রায় উহার ঘনত্ব ও আয়তন যথাক্রমে D_1 এবং V_1. এখন ঐ তরলকে উষ্ণ করিলে উহার আয়তন ও ঘনত্ব পরিবর্তিত হইবে। ধর, t_2°C তাপমাত্রার উক্ত তরলের ঘনত্ব ও আয়তন যথাক্রমে D_2 ও V_2 হইল ($t_2 > t_1$)।

যেহেতু, ভর = আয়তন × ঘনত্ব

অতএব $m = V_1 D_1 = V_2 D_2$

$$\therefore \quad \frac{D_1}{D_2} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{V_1\{1+\gamma(t_2-t_1)\}}{V_1}$$

[γ = তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক]

$$= \{1+\gamma(t_2-t_1)\}$$

$$\therefore \quad D_1 = D_2\{1+\gamma(t_2-t_1)\}$$

যদি প্রাথমিক তাপমাত্রা 0°C এবং প্রাথমিক ঘনত্ব D_o হয় তবে t°C-এ ঘনত্ব D_t ধরিলে উপরোক্ত সমীকরণের সহায়তায় লেখা যাইবে যে

$$D_o = D_t\{1+\gamma.t\}$$

উদাহরণ :

(1) 0°C তাপমাত্রায় কোন তরলের ঘনত্ব 8·9 gms/c.c. হইলে 20°C তাপমাত্রায় উহার ঘনত্ব কত হইবে? [তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক = ·000017 × 3]

[If the density of a liquid at 0°C be 8·9 gms/c.c. what will be the density at 20°C ? Co-efficient of real expansion of liquid = ·000017 × 3]

উ। আমরা জানি, $D_o = D_t\{1+\gamma.t\}$

এস্থলে D_o = 8·9 gms/c.c. ; t = 20°C ; D_t = ?

সুতরাং, $8{\cdot}9 = D_t\{1 + {\cdot}000017 \times 3 \times 20\}$

$$\therefore \quad D_t = \frac{8{\cdot}9}{1+{\cdot}000017\times 3\times 20} = \frac{8{\cdot}9}{1{\cdot}00102}$$

$$= 8{\cdot}89 \text{ gms/c.c}$$

(2) 0°C তাপমাত্রায় 1 c.c. জলের ওজন 0·999874 gm এবং 4°C তাপমাত্রায় ওজন 1 gm. হইলে ঐ তাপমাত্রার মধ্যে জলের গড় প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[1 c.c. of water weighs 0·999874 gm at 0°C and 1 gm. at 4°C. Find the mean co-efficient of absolute expansion of water between 0°C and 4°C.]

উ। এক্ষেত্রে $D_0 = 0·999874$ gm/c c. এবং $D_t = 1$ gm/c.c. এবং $t = 4$°C.

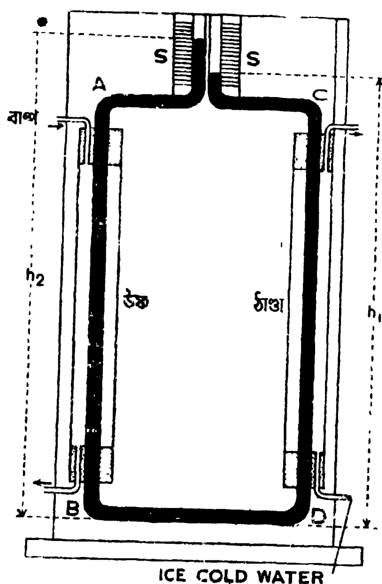
যেহেতু 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে জলের ঘনত্ব বৃদ্ধি পায়, কাজেই আমরা যে সমীকরণের সাহায্য লইব তাহা $D_t = D_0(1 + \gamma.t)$

[γ = জলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক]

অথবা, $1 = 0·999874\ (1 + 4.\gamma)$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{1 - ·999874}{4 \times ·999874} = \frac{·000126}{4 \times ·999874} = 0000315$$

4-7. Dulong এবং Petit-এর পদ্ধতিতে তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় (Determination of co-efficient of real expansion of liquid by Dulong and Petit's method) :



Dulong এবং Petit-এর পদ্ধতি
4ঘ নং চিত্র

এই পদ্ধতি দ্বারা সরাসরি কোন তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করা যায়। নিম্নে ইহার বিবরণ দেওয়া হইল।

একটি কাচের নলকে বাঁকাইয়া 4ঘ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ অনেকটা চতুষ্কোণ করা হয়। নলের AB এবং CD বাহুদ্বয় খাড়া এবং BD বাহু অনুভূমিক। A এবং C অংশের পরে নলটির দুই বাহু খানিকটা অনুভূমিক থাকিয়া পরস্পরের নিকট সরিয়া পুনরায় খাড়া হইয়াছে।

ঐ খাড়া অংশের দুই পাশে দুইটি স্কেল S এবং S কাঠের ফ্রেমের গায়ে আঁটা থাকে। AB এবং CD বাহুদ্বয় দুইটি মোটা নল দ্বারা আবৃত। ঐ নল দুইটির মুখগুলি কর্ক দ্বারা আটকানো। কর্কের ছিদ্র দিয়া সরু টিউবের সাহায্যে একটি নলের ভিতর দিয়া স্টীম এবং অন্যটির ভিতর দিয়া বরফ-জল পাঠাইবার ব্যবস্থা আছে। চিত্রে AB বাহুর চতুর্দিকে স্টীম এবং CD বাহুর চতুর্দিকে বরফ-জল পাঠাইবার ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। ইহার ফলে AB বাহুর তরলস্তম্ভ উষ্ণ এবং CD বাহুর তরলস্তম্ভ ঠাণ্ডা থাকিবে। এই তাপমাত্রাভেদের জন্য AB বাহুর তরল কম ঘন এবং CD বাহুর তরল বেশী ঘন হইবে। ফলে সাম্য প্রতিষ্ঠার দরুন উহাদের উচ্চতা ভিন্ন হইবে। বাম দিকের তরল কম ঘন বলিয়া উহার উচ্চতা ডান দিকের বেশী ঘন তরলের উচ্চতা অপেক্ষা বেশী হইবে। দুই বাহুতে তাপমাত্রার কোন প্রভেদ না থাকিলে উচ্চতারও কোন প্রভেদ থাকিবে না। BD বাহু দিয়া যাহাতে তাপ চলাচল করিতে না পারে এইজন্য BD বাহু ভিজা ব্লটিং কাগজ দিয়া মুড়িয়া রাখা হয়।

ধরা যাউক, সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইবার পর BD অনুভূমিক তল হইতে ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা h_1 এবং উষ্ণ তরলস্তম্ভের উচ্চতা h_2 হইল। ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের তাপমাত্রা 0°C এবং উষ্ণ তরলস্তম্ভের তাপমাত্রা t°C ধরিলে, প্রশমনকারী তরলস্তম্ভের সাম্য হইতে (উদস্থিতি বিদ্যাব 2-8 অনুচ্ছেদ) আমরা জানি,

$$\frac{\text{ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা } (h_1)}{\text{উষ্ণ ,, ,, } (h_2)} = \frac{\text{উষ্ণ তরলের ঘনত্ব } (D_t)}{\text{ঠাণ্ডা ,, ,, } (D_0)}$$

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি, $D_0 = D_t\{1+\gamma(t-0)\}$ (4-6 অনুচ্ছেদ)

$$= D_t\ \{1+\gamma t\}$$

$$\therefore \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{D_t}{D_t\{1+t\gamma\}} = \frac{1}{1+t\gamma}$$

বা, $h_1 + t\gamma h_1 = h_2$

বা, $t\gamma h_1 = h_2 - h_1$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{h_2 - h_1}{h_1 t}$$

অর্থাৎ, প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক

$$= \frac{\text{তরলস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার প্রভেদ}}{\text{ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা} \times \text{তাপমাত্রার প্রভেদ}}$$

[দ্রঃ এই পদ্ধতিতে প্রমশনকাবী তবলস্তম্ভদ্বযেব নীতি অনুযায়ী প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় করা হয় বলিয়া কাচেব নলেব প্রসারণ হিসাব করিবার প্রয়োজন হয় না, সুতরাং এই পদ্ধতি হইতে তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক পাওয়া যায়।]

উদাহরণ ঃ

100°C তাপমাত্রায় একটি পাবদস্তম্ভ 0 C তাপমাত্রায় অপর একটি পারদ-স্তম্ভের সহিত সাম্য প্রতিষ্ঠা করে। উহাদের উচ্চতা যথাক্রমে 76·35 cm এবং 75 cm , পাবদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয় কব।

[A column of mercury 76·35 cm. long at 100°C balances another column of length 75 cm. at 0°C. Calculate the co-efficient of real expansion of mercury.]

উ। আমরা জানি, প্রকৃত প্রসাবণ গুণাঙ্ক

$$= \frac{\text{তরলস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতাব প্রভেদ}}{\text{ঠাণ্ডা তরলস্তম্ভের উচ্চতা} \times \text{তাপমাত্রার প্রভেদ}}$$

$$= \frac{76{\cdot}35 - 75}{75 \times (100 - 0)} = \frac{1{\cdot}35}{75 \times 100} = 1{\cdot}8 \times 10^{-4}$$

কয়েকটি তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্কের তালিকা

তরল	প্রতি °C	প্রতি °F
জল (15 – 100°C)	00037	·0002
পারদ	·00018	·0001
অ্যাল্‌কোহল	·0011	·00061
তার্পিন তেল	·00105	·00054

৫.4-8. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ (Anomalous expansion of water) :

উত্তপ্ত হইলে তরলের আয়তনেব প্রসারণ হয় এবং ঠাণ্ডা হইলে আয়তনের সংকোচন হয়। ইহাই তবলের সাধারণ নিয়ম। কিন্তু জলেব বেলাতে ইহাব কিছু ব্যতিক্রম দেখা যায়। কিছু পরিমাণ জলকে 0°C তাপমাত্রায় আনিয়া পরে আস্তে আস্তে গবম কবিলে· দেখা যাইবে যে উক্ত জলের আয়তন বৃদ্ধি না

পাইয়া সংকুচিত হইতেছে। আয়তনের এই সংকোচন চলিবে, যতক্ষণ না তাপমাত্রা 4°C-এ পৌছায়। 4°C-এর পর তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে অন্যান্য তরলের ন্যায় জলেরও আয়তনের প্রসারণ হইবে।

আবার কিছু পরিমাণ উষ্ণ জল লইয়া আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা করিলে অন্যান্য তরলের ন্যায় ঐ জলেরও আয়তন কমিবে যতক্ষণ পর্যন্ত না তাপমাত্রা 4°C-এ পৌছায়। কিন্তু 4°C হইতে 0°C পর্যন্ত ঠাণ্ডা করিলে জলের আয়তন না কমিয়া বৃদ্ধি পাইবে। সুতরাং **4°C হইতে 0°C পর্যন্ত তাপমাত্রার ব্যবধানে জলের আয়তন প্রসারণ অন্যান্য তরল হইতে ভিন্ন।** ইহাকে জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ বলে।

উপরোক্ত আলোচনা হইতে বোঝা যায় যে, **নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের 4°C তাপমাত্রায় আয়তন সর্বাপেক্ষা কম।** যেহেতু ঘনত্ব আয়তনের ব্যস্তানুপাতিক (inversely proportional), অতএব ইহা বলা যায় যে, **4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী।**

4-9. জলের ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার প্রদর্শনের পরীক্ষা (Experimental study of anomalous behaviour of water) **:**

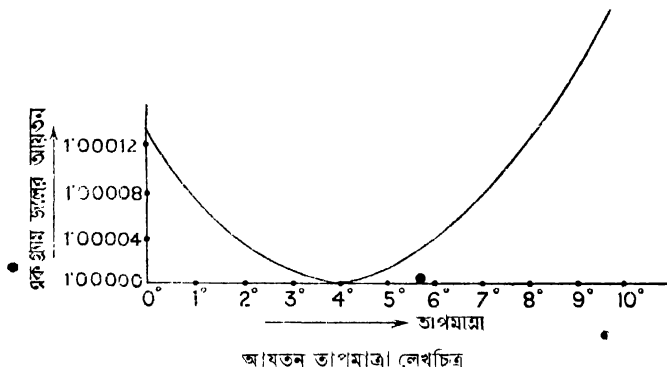
4থ নং চিত্রে প্রদর্শিত ডিলাটোমিটারের সাহায্যে জলের উপরোক্ত ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার দেখানো যাইতে পারে।

ডিলাটোমিটারের আয়তনের $\frac{1}{7}$ অংশ পারদ দ্বারা পূর্ণ কর। পারদের প্রসারণ গুণাঙ্ক কাচ অপেক্ষা সাতগুণ বলিয়া ডিলাটোমিটারের বাকী অংশের আয়তন তাপমাত্রা পরিবর্তনে বদলাইবে না। ফলে ঐ অংশে যদি কোন তরল থাকে তবে তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস পাইলে তরলের আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ বা সংকোচন হইবে।

জলের ব্যতিক্রান্ত ব্যবহার পরীক্ষা করিবার জন্য উপরোক্ত পারদপূর্ণ ডিলাটোমিটারের নলের কোন এক দাগ পর্যন্ত পাতিত জল (distilled water) দ্বারা পূর্ণ কর। এখন কুণ্ড ও নলের ঐ দাগ পর্যন্ত 0°C তাপমাত্রায় রক্ষিত বরফ-জলে নিমজ্জিত কর। যখন নলে জলের তল স্থির হইবে তখন উহার আয়তন লক্ষ্য কর। বরফ-জলে একটি থার্মোমিটার ডুবাও। এখন আস্তে আস্তে বরফ-জলকে উষ্ণ কর এবং প্রতি $\frac{1}{2}$°C তাপমাত্রা অন্তর স্কেলে জলের তল কোন্ দাগ

পর্যন্ত থাকে তাহা লক্ষ্য কর। এইভাবে জলকে 10°C পর্যন্ত উষ্ণ কর। দেখা যাইবে যে 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত জলের তল স্কেল বাহিয়া নামিতে থাকিবে এবং পরে তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে জলের তল স্কেল বাহিয়া উঠিতে থাকিবে।

এক গ্র্যাম জলের আয়তন (সি. জি. এস্ পদ্ধতিতে) তাপমাত্রার সহিত কিরূপ পরিবর্তিত হয় তাহা আয়তন-তাপমাত্রা লেখ-চিত্রে (graph) দেখানো হইল (46 নং চিত্র)। এই লেখ-চিত্রে আয়তনকে উল্লম্ব অক্ষ (vertical axis) এবং তাপমাত্রাকে অনুভূমিক অক্ষ (horizontal



আয়তন তাপমাত্রা লেখচিত্র

চিত্র 46

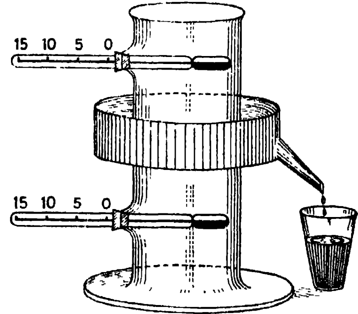
axis) বরাবর অঙ্কন করা হইয়াছে। চিত্র হইতে ইহা পরিষ্কাররূপে বোঝা যায় যে 0°C হইতে 4°C পর্যন্ত আয়তন ক্রমশ কমিতেছে এবং 4°C-এ আয়তন সর্বাপেক্ষা কম। পরে তাপমাত্রার বৃদ্ধির সঙ্গে আয়তন বৃদ্ধি পাইতেছে।

অতএব 4°C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন সর্বাপেক্ষা কম অথবা ঘনত্ব সবাপেক্ষা বেশী।

লেখ-চিত্রে আর একটি জিনিস লক্ষ্য করিবার আছে। 4°C-র কাছাকাছি লেখ-চিত্রের অংশ অনেকটা অনুভূমিক। ইহা প্রমাণ করে যে, **4°C-র কাছাকাছি সামান্য তাপমাত্রা পরিবর্তনে জলের ঘনত্বের বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না। এই কারণে 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্বকে একক ধরা হয়।**

4-10. 4°C-এ জলের সর্বোচ্চ ঘনত্ব প্রদর্শনের জন্য হোপের পরীক্ষা (Hope's experiment to demonstrate the maximum density of water at 4°C) ঃ

4চ নং চিত্রে এই পরীক্ষার উপযুক্ত ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি লম্বা কাচের চোঙ। ইহার গায়ের তুইটি ছিদ্র দিয়া তুইটি থার্মোমিটার ঢুকানো। এই তুই থার্মোমিটারের মাঝখানে এবং চোঙের মাঝ বরাবর একটি পাত্র চোঙকে ঘিরিয়া আছে। এই পাত্রে লবণ ও বরফ মিশাইয়া একটি হিম-মিশ্রণ (freezing mixture) রাখা আছে। এই মিশ্রণের তাপমাত্রা −20°C. মিশ্রণের বরফ গলিয়া জল হইলে তাহা নিষ্কাশনের জন্য ঐ পাত্রে একটি নল থাকে।



হোপের পরীক্ষা ব্যবস্থা

চিত্র 4চ

এখন চোঙটি বিশুদ্ধ জলদ্বারা পূর্ণ কর। প্রথমে তুইটি থার্মোমিটারই সমান তাপমাত্রা দেখাইবে। কিন্তু কিছুক্ষণ পরে দেখা যাইবে যে নীচের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা কমিতেছে কিন্তু উপরের থার্মোমিটারের তাপমাত্রা ঠিকই আছে। ইহার কারণ এই যে, হিমমিশ্রণযুক্ত পাত্রের কাছাকাছি জল হিমমিশ্রণের সংস্পর্শে ঠাণ্ডা হইয়া আয়তনে সঙ্কুচিত হয় এবং উহার ঘনত্ব বাড়ে। এই ভারী ঠাণ্ডা জল নীচের দিকে নামিবে এবং নীচ হইতে অপেক্ষাকৃত হাল্‌কা ও গরম জল উপরের দিকে যাইবে এবং যখন হিম-মিশ্রণের কাছে পৌছাইবে তখন আবার ঠাণ্ডা হইবে। এই ঠাণ্ডা জল ভারী হইয়া আবার নীচের দিকে যাইবে। জলের এই চলাচলের ফলে নীচের থার্মোমিটারে তাপমাত্রা ক্রমশ কমিতে থাকিবে। কিন্তু উপরের থার্মোমিটারে কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না; কারণ, উপরের জলের কোন চলাচল না হওয়ায় উষ্ণতার কোন পরিবর্তন এযাবৎ হইবে না।

যখন নীচের থার্মোমিটারে 4°C তাপমাত্রা হইবে তখন নীচের জলের তাপমাত্রা আর কমিতে দেখা যাইবে না। ইহা প্রমাণ করে যে হিমমিশ্রণ-যুক্ত পাত্রের কাছাকাছি জল 4°C অপেক্ষা আরো ঠাণ্ডা হওয়াতে ভারী হইতেছে না—অর্থাৎ ঘনত্ব বাড়িতেছে না। বরং এবার দেখা যাইবে যে, উপরের

থার্মোমিটারে তাপমাত্রা কমিতে স্থরু করিয়াছে। ইহার কারণ, হিমমিশ্রণ পাত্রের কাছাকাছি জলের তাপমাত্রা 4°C-এর কম হওয়াতে ঘনত্ব কমিয়া গেল এবং হাল্‌কা হওয়াতে উপরের দিকে উঠিল। যখন, ঐ পাত্রের কাছাকাছি জলের 0°C-এর কম তাপমাত্রা হইবে তখন ঐ জল জমিয়া বরফ হইবে এবং জল অপেক্ষা বরফ হালকা বলিয়া উপরে ভাসিয়া উঠিবে। স্থতরাং, উপরের থার্মোমিটার 0°C তাপমাত্রা দেখাইবে কিন্তু নীচের জল এবং নীচের থার্মোমিটার সর্বদা 4°C তাপমাত্রায় থাকিবে।

অতএব এই পরীক্ষা প্রমাণ করে যে 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ।

4-11. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফল (Consequence of anomalous expansion of water) :

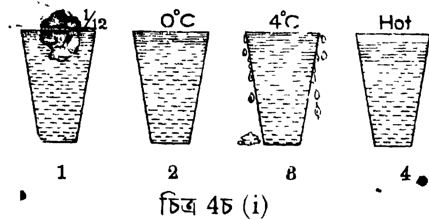
জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফলে শীতের দেশে খুব ঠাণ্ডার দিনে জলচর প্রাণী বাঁচিয়া থাকে। কাজেই প্রকৃতি জলের এই অদ্ভুত ব্যবহারকে নিজের কাজে লাগাইয়াছে।

কোন নদী বা পুকুরের জল খুব ঠাণ্ডা হইলে কিরূপ অবস্থার উদ্ভব হয় তাহা উপরোক্ত হোপের পরীক্ষা হইতে সহজেই বোঝা যায়। প্রথমে জলের উপরিভাগ ঠাণ্ডা হাওয়ার সংস্পর্শে ক্রমশ শীতল হইয়া ভারী হইবে এবং তলায় চলিয়া যাইবে। তলার অপেক্ষাকৃত গরম জল উপরের দিকে আসিবে। কাজেই তলায় জল ক্রমশ ঠাণ্ডা হইবে। কিন্তু যেই তলার জলের তাপমাত্রা 4°C হইল তখন আর জল তলার দিকে আসিবে না। কারণ, উপরের জলের তাপমাত্রা 4°C-এর কম হইলে হাল্‌কা হইবে এবং উপরেই থাকিবে। কাজেই উপরের জল ক্রমশ ঠাণ্ডা হইয়া বরফে পরিণত হইবে কিন্তু তাহার তলার জল 4°C-এ উষ্ণ থাকিবে। বরফ যদি জল অপেক্ষা ভারী হইত তবে বরফ নীচে ডুবিয়া যাইত এবং সেক্ষেত্রে জলাশয়ের সব জল জমিয়া বরফে পরিণত হইত। কিন্তু প্রাকৃতিক নিয়ম এমনই যে তাহা হইতে পারে না। সেজন্য প্রচণ্ড শীতের দিনেও যখন পুকুর বা নদীর উপরিভাগ জমিয়া বরফে পরিণত হয় তখন নীচে জল 4°C তাপমাত্রায় থাকে এবং এই কারণে মাছ এবং অন্যান্য জলচর প্রাণী শীতের দিনেও বাঁচিয়া থাকে।

4.12. জলের আয়তন সম্পর্কিত একটি সমস্যা (A problem in connection with the volume of water) :

জলের আয়তন সম্পর্কে একটি কৌতূহলোদ্দীপক প্রশ্ন তোলা যাইতে পারে। মনে কর, একটি গ্লাস কানায় কানায় জলপূর্ণ এবং ঐ অবস্থায় জলের ভিতর এক টুকরা বরফ ভাসিতেছে। এখন প্রশ্ন হইতেছে যে বরফ টুকরাটি গলিয়া জল হইলে এবং জলের তাপমাত্রা 0°C থাকিলে জলের তল কোথায় থাকিবে ? গ্লাসের জলের তাপমাত্রা 4°C করিয়া অথবা উত্তপ্ত জল লইয়া বরফ ভাসাইলেই বা জলের তল কোথায় থাকিবে ?

গ্লাস কানায় কানায় জলপূর্ণ থাকায় এবং বরফ গলিয়া আরো জল তৈয়ারী হওয়ায় স্বভাবত মনে হইবে যে জল গ্লাস হইতে উপচাইয়া পড়িবে। কিন্তু তাহা হইবে না ; জলের তল যেমন ছিল তেমনি থাকিবে। ইহার কারণ এই যে 0°C তাপমাত্রায় 11 c.c. জল জমিয়া 0°C তাপমাত্রায় বরফে পরিণত হইলে 12 c.c. বরফ পাওয়া যায়। ঐ বরফ যখন জলে ভাসে তখন উহার আয়তনের 12 ভাগের এক ভাগ জলের বাহিরে এবং 11 ভাগ জলের ভিতরে থাকে [চিত্র দেখ]।



চিত্র 4b (i)

সুতরাং ভাসমান অবস্থায় বরফ উহার আয়তনের ঐ 11 ভাগ জল অপসারণ করিয়া ভাসিবে। আবার গলিয়া জল হইলে ঐ 11 ভাগ জল পাওয়া যাইবে। উৎপন্ন জলের আয়তন এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান হওয়ায় 0°C তাপমাত্রায় বরফ গলিয়া গেলেও গ্লাস কানায় কানায় ভর্তি থাকিবে—জলের তলের কোন পরিবর্তন হইবে না (দ্বিতীয় ছবি দেখ)।

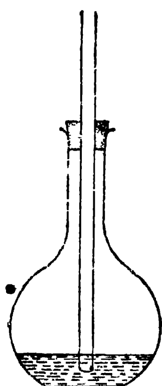
যদি 4°C তাপমাত্রার জলে বরফ ভাসে তবে বরফ ঐ জল হইতে তাপ লইয়া গলিবে এবং বরফ গলা জল এবং গ্লাসের জলের তাপমাত্রা 4°C অপেক্ষা কম হইবে। এক্ষেত্রে যদিও বরফ গলা জলের আয়তন এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান তথাপি সমগ্র জলের তাপমাত্রা 4°C এর কম হওয়াতে জলের আয়তন বৃদ্ধি পাইবে। কারণ আমরা জানি জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণের ফলে জলের তাপমাত্রা 4°C এর কম হইলে জলের আয়তন বৃদ্ধি পায়। ফলে গ্লাসের জল উপচাইয়া পড়িবে (তৃতীয় ছবি দেখ)।

যদি উত্তপ্ত জলে বরফ ভাসান হয় তবে সমগ্র জলের তাপমাত্রা বরফ গলিবার ফলে হ্রাস পাইবে। যদিও বরফ গলা জল এবং অপসারিত জলের আয়তন সমান তথাপি উচ্চ তাপমাত্রা (4°C অপেক্ষা অনেক বেশী) হইতে নিম্ন তাপমাত্রায় আসিবার ফলে জলের আয়তনের সংকোচন হইবে এবং জলের তল খানিকটা নামিয়া আসিবে (চতুর্থ ছবি দেখ)।

গ্যাসের প্রসারণ

4-13. সূচনা :

তাপ প্রয়োগে কঠিন ও তরল পদার্থের ন্যায় গ্যাসেরও প্রসারণ হয়। গ্যাসের নিজস্ব কোন আকার না থাকায় ইহার দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্র প্রসারণ সম্ভব নহে। তাপ প্রয়োগে গ্যাসের প্রসারণ কঠিন বা তরল পদার্থের প্রসারণ অপেক্ষা অনেক বেশী ; তাছাড়া সমান তাপ প্রয়োগে সব গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সমান হয়। কঠিন বা তরল পদার্থের তাহা হয় না। নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষা দ্বারা গ্যাসের প্রসারণের উপরোক্ত বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করানো যায়।



গ্যাসের প্রসারণ দেখাইবার ব্যবস্থা

চিত্র 4ছ

পরীক্ষা :

একটি পাতলা কাচের ফ্লাস্ক লইয়া উহাতে কিছু রঙিন জল ঢাল এবং কর্ক দ্বারা মুখ বন্ধ কর (4ছ নং চিত্র)। কর্কের ছিদ্র দিয়া একটি সরু কাচনল ঢুকাও যাহাতে নলটি ফ্লাস্কের প্রায় তলা পর্যন্ত পৌছায়। জল ছাড়া ফ্লাস্কের বাকী অংশ বায়ুপূর্ণ। এইবার দুই হাত দিয়া ফ্লাস্কটির উপরাংশ আবৃত করিলে দেখা যাইবে যে কাচনল বাহিয়া রঙিন জল উর্ধ্বে উঠিয়াছে। কেন এরূপ হয় ?

হাতের উত্তাপে ফ্লাস্কের উপরাংশে যে-বায়ু আছে তাহার আয়তনের প্রসারণ হইতে চায়। ফলে উহা জলের উপর যে-চাপ প্রয়োগ করে তাহা জলকে কাচনল বাহিয়া খানিকটা উপরে তুলিয়া দেয়।

এইবার পূর্ববর্ণিত ফ্লাস্কের ন্যায় দুইটি ফ্লাস্ক লও এবং উহাদের ভিতর সম-আয়তনের রঙিন জল রাখ যাহাতে ফ্লাস্ক দুইটিতে গ্যাস থাকিবার জন্য সম-

আয়তনের জায়গা থাকে। একটি ফ্লাস্কে বায়ু ও দ্বিতীয় ফ্লাস্কে অন্য কোন গ্যাস—ধর, হাইড্রোজেন—রাখা হইল। এইবার ফ্লাস্ক দুইটিকে গরম জলপূর্ণ একটি বড় গামলায় রাখ। দেখিবে যে দুইটি ফ্লাস্কের কাচনলেই রঙিন জল সমান ঊর্ধ্বে উঠিয়াছে। ইহা প্রমাণ করে যে, **সমান তাপ পাইলে সব গ্যাসের আয়তন প্রসারণ সমান হয়। কঠিন ও তরল পদার্থের বেলায় আয়তন প্রসারণ সমান হয় না।**

নিম্নবর্ণিত কয়েকটি সাধারণ ঘটনা হইতে গ্যাসের প্রসারণশীলতা সম্বন্ধে তোমাদের ধারণা পরিষ্কার হইবে :

(ক) একটি বেলুনে কিছু হাওয়া ভর্তি করিয়া মুখ শক্ত করিয়া আট্‌কাও। এইবার বেলুনটিকে একটু উত্তপ্ত কর। দেখিবে বেলুনটি ফুলিয়া উঠিয়াছে। ইহার কারণ বায়ুর প্রসারণশীলতা। বেলুনের ভিতরকার বায়ু উত্তপ্ত হইয়া আয়তনে প্রসারিত হয় এবং বেলুনের উপর বহির্মুখী চাপ দেয়। ফলে বেলুন ফুলিয়া ওঠে। বেলুনটিকে এখন ঠাণ্ডা কর। দেখিবে বেলুনটি ঠাণ্ডা হইয়া যখন পূর্বের তাপমাত্রা পাইবে তখন উহা খানিকটা চুপসাইয়া গিয়াছে।

(খ) একটি কাচের বোতলের মুখ কর্ক দিয়া আটকাইয়া উনানের পাশে রাখ। কিছুক্ষণ পরে দেখিবে যে জোর শব্দ করিয়া কর্ক বোতলের মুখ হইতে ছিট্‌কাইয়া বাহির হইয়া গিয়াছে। কেন এরূপ হইল জান কি? উনানের উত্তাপে বোতলের ভিতরকার বায়ু আয়তনে প্রসারিত হইতে চায় কিন্তু কাচের দেওয়াল এই প্রসারণকে বাধা দেয়। ফলে বায়ুর চাপ খুব বাড়িয়া যায়। এই বর্ধিত বায়ুর চাপ কর্ককে সজোরে ঠেলিয়া বাহির করিয়া দেয়।

(গ) দুধ উথলাইয়া উঠিবার কথা তোমরা জান। আধ কড়া দুধ জ্বাল দিলে উথলাইয়া কড়া ভর্তি করিয়া ফেলে। কেন এইরূপ হয়? দুধের ভিতর কিছু বায়ু সবদা দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। উত্তাপ পাইয়া এই বায়ু প্রসারিত হয়। তাই দুধ উথলাইয়া উঠে।

A-14. গ্যাসের প্রসারণের উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব : গ্যাসের সূত্র (Gas Laws) :

গ্যাসের প্রসারণের বৈশিষ্ট্য এই যে চাপ ও তাপমাত্রার সামান্য প্রভেদে গ্যাসের প্রসারণের যথেষ্ট তারতম্য দেখা যায়। চাপ প্রয়োগে বা হ্রাসে কঠিন বা তরল পদার্থের সংকোচন বা প্রসারণ এত কম যে তাহা সম্পূর্ণ অগ্রাহ্য করা

যায়। কিন্তু তাপমাত্রা ঠিক রাখিলেও চাপের সামান্য প্রভেদে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তনের যথেষ্ট পরিবর্তন দেখা যায়। আবার চাপ ঠিক রাখিয়া তাপমাত্রা সামান্য পরিবর্তন করিলে উক্ত গ্যাসের আয়তন যথেষ্ট পরিবর্তিত হইবে। সুতরাং গ্যাসের আয়তন প্রসারণ বিবেচনা করিতে হইলে চাপ ও তাপমাত্রা উভয়েরই কথা চিন্তা করিতে হইবে। চাপ ও তাপমাত্রার পরিবর্তনের সহিত গ্যাসের আয়তন পরিবর্তনের সূত্রগুলিকে **গ্যাসের সূত্র** বলা হয়। নিম্নে এই সূত্রগুলির আলোচনা করা হইল।

(ক) **বয়েলের সূত্র** (Boyle's Law):

তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের উপর চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে (inversely) পরিবর্তিত হইবে।

অর্থাৎ, কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যদি V হয় এবং উহার উপর চাপ P হয়, তবে উপরোক্ত সূত্রানুযায়ী

$$V \propto \frac{1}{P}$$ যদি গ্যাসের তাপমাত্রা পরিবর্তিত না হয়।

অথবা, $VP =$ ধ্রুবক।

কাজেই, কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন যদি পরিবর্তিত হইয়া V_1, V_2, V_3 ইত্যাদি এবং উহাদের চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3 হয়, তবে

$$V_1P_1 = V_2P_2 = V_3P_3$$ ইত্যাদি।

(খ) **চার্লসের সূত্র** (Charles' Law):

চাপ ঠিক থাকিলে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রতি ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের জন্য উক্ত গ্যাসের 0°C তাপমাত্রায় যে আয়তন হয় তাহার একটি নির্দিষ্ট ভগ্নাংশে ($\frac{1}{273}$) বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

ধরা যাউক, 0°C তাপমাত্রায় কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_o; সুতরাং, চার্লসের সূত্রানুযায়ী,

1°C তাপমাত্রায় আয়তন $= V_o + V_o \cdot \frac{1}{273}$
2°C ,, ,, $= V_o + V_o \cdot \frac{2}{273}$
t°C ,, ,, $= V_o + V_o \cdot \frac{t}{273}$

t°C তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তনকে V ধরা হইলে, $V = V_o \left(1 + \frac{t}{273}\right)$

তেমনি যদি তাপমাত্রা বৃদ্ধি না করিয়া হ্রাস করা যায়, তবে t°C তাপমাত্রা হ্রাসে গ্যাসের আয়তন $V = V_o \left(1 - \frac{t}{273}\right)$.

4-15. তাপমাত্রার চরম স্কেল (Absolute scale of temperature):

চার্লসের সূত্র হইতে দেখা গেল, t°C তাপমাত্রা হ্রাসে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন $V = V_o\ (1 - \frac{t}{273})$.

যদি তাপমাত্রা 273°C হ্রাস করা যায় অর্থাৎ −273°C তাপমাত্রায় উক্ত আয়তন $V = V_o\ (1 - \frac{273}{273}) = 0$.

অর্থাৎ, উক্ত তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন শূন্য হইবে। ইহা একটি অবাস্তব ব্যাপার। ইহা শুধু গণিতের নিয়মেই (mathematically) সম্ভব। কিন্তু ইহা দ্বারা একটি নতুন তাপমাত্রামাপক স্কেল উদ্ভাবিত হইয়াছে। ইহাকেই বলা হয় **তাপমাত্রার চরম স্কেল**। ইহার শূন্য দাগ −273°C. সুতরাং হিমাঙ্ক অর্থাৎ 0°C এই স্কেল অনুযায়ী 273°A এবং স্ফুটনাঙ্ক অর্থাৎ 100°C হইবে 373°A.

[**দ্রষ্টব্য :** সেণ্টিগ্রেড বা ফারেনহাইট স্কেলে 0° নির্বাচনের পিছনে কোন যুক্তি নাই। উহা খেয়ালমত করা হইয়াছে। কিন্তু চরম স্কেলের 0° নির্বাচনের পিছনে বিজ্ঞান-সম্মত কারণ আছে। সকল গ্যাসই ঐ তাপমাত্রায় শূন্য আয়তনযুক্ত হইবে এবং উহা অপেক্ষা নিম্নতর কোন তাপমাত্রা কল্পনাতীত বলিয়া উহাকেই 0° ডিগ্রী ধরা যুক্তিযুক্ত। তাছাড়া এই স্কেল গ্যাস-নিরপেক্ষ বলিয়া ইহাকে চরম স্কেল বলাও সঙ্গত।]

যদি সেন্টিগ্রেড স্কেলে কোন তাপমাত্রা t°C হয় তবে চরম স্কেলে উহাকে T ধরা হইলে, $T = 273 + t$

আমরা চার্লসের সূত্র হইতে জানি যে

$$V = V_o(1 + \frac{t}{273}) = V_o(\frac{273 + t}{273}) = \frac{V_o T}{273}$$

অথবা, $V \propto T$

অর্থাৎ, **নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন উহার চরম তাপমাত্রার** (absolute temperature) **সমানুপাতিক হয়**। চার্লসের সূত্রকে এইভাবেও বলা যাইতে পারে।

4-16. চার্লস ও বয়েলের সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় (Combination of Charles' and Boyle's law):

বয়েলের সূত্র হইতে জানি $V \propto \frac{1}{P}$ যদি তাপমাত্রা (T) স্থির থাকে

...র চার্লসের „ „ „ $V \propto T$ „ চাপ (P)

সুতরাং, $V \propto \frac{T}{P}$ যখন চাপ ও তাপমাত্রা উভয়ই পরিবর্তিত হয়

অথবা, $\frac{VP}{T}$ = ধ্রুবক।

অর্থাৎ, T_1 চরম তাপমাত্রায় এবং P_1 চাপে যদি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V_1 হয় এবং T_2 চরম তাপমাত্রায় এবং P_2 চাপে ঐ গ্যাসের আয়তন পরিবর্তিত হইয়া যদি V_2 হয় তবে,

$$\frac{V_1P_1}{T_1} = \frac{V_2P_2}{T_2}$$

কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রা উপরোক্ত সমীকরণ দ্বারা যুক্ত।

[**মন্তব্য ঃ** সাধারণভাবে কোন গ্যাসই সকল তাপমাত্রায় বয়েল বা চার্লসের সূত্র যথাযথ মানিয়া চলে না। এই সম্পর্কে একটি **আদর্শ গ্যাসের** (ideal or perfect gas) কল্পনা করা হইয়াছে। যে গ্যাস সকল তাপমাত্রাতেই উপরোক্ত দুই সূত্র অর্থাৎ গ্যাসের সূত্র পুরাপুরি মানিয়া চলিবে উহাকেই আদর্শ গ্যাস বলা হয়। মনে রাখিতে হইবে যে আদর্শ গ্যাস নিছক কল্পনা মাত্র।]

উদাহরণ ঃ

(1) 20°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm. পারদের চাপে কিছু পরিমাণ বায়ুর আয়তন 1000 c. c. ; কত তাপমাত্রায় এবং 750 mm. পারদের চাপে ঐ বায়ুর আয়তন 1400 c. c হইবে ?

[A quantity of air occupies 1000 c.c. at 20°C and 760 mm. pressure. At what temperature will it occupy 1400 c. c. at 750 mm. pressure ?]

উ। এস্থলে $V_1 = 1000$ c.c. $\quad V_2 = 1400$ c.c.

$P_1 = 760$ mm. $\quad P_2 = 750$ mm.

$T_1 = (20+273)^0 A \quad T_2 = ?$

আমরা জানি $\frac{V_1P_1}{T_1} = \frac{V_2P_2}{T_2}$

অথবা, $\frac{1000 \times 760}{273+20} = \frac{1400 \times 750}{T_2}$

অথবা, $T_2 = \frac{1400 \times 750 \times 293}{1000 \times 760} = 404{\cdot}8^\circ A$

সুতরাং, সেন্টিগ্রেড স্কেলে $t_2 = 404{\cdot}8 - 273$

$= 131{\cdot}8^\circ C$

(2) 10°C তাপমাত্রায় 1 litre গ্যাসকে তাপপ্রয়োগ করিয়া উহার চাপ ও আয়তন দ্বিগুণ করা হইল। তখনকার তাপমাত্রা নির্ণয় কর।

[The volume and pressure of 1 litre of a gas at 10°C are doubled by applying heat. Calculate the consequent temperature.]

উ। ধরা যাউক, প্রথমে গ্যাসের চাপ = P ; উহার আয়তন = 1 litre ও তাপমাত্রা = 10 + 273 = 283°A.

পরে গ্যাসের চাপ = 2P এবং আয়তন = 2 litres ; $T_2 = ?$

আমরা জানি $\frac{V_1 P_1}{T_1} = \frac{V_2 P_2}{T_2}$

এক্ষেত্রে $\frac{1 \times P}{283} = \frac{2 \times 2P}{T_2}$

অথবা, $T_2 = 4 \times 283 = 1132^\circ A$

সুতরাং, সেন্টিগ্রেড স্কেলে $t = 1132 - 273 = 859^\circ C$

4-17. আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ (The ideal gas equation) :

চার্লস ও বয়েলের সূত্রদ্বয়ের সমন্বয় করিয়া আমরা পূর্বোক্ত অনুচ্ছেদে (4-16) দেখিয়াছি যে কোন আদর্শ গ্যাসের বেলাতে $\frac{PV}{T}$ = ধ্রুবক।

ঐ ধ্রুবক-কে 'R' ধরিলে আমরা লিখিতে পারি,

$$PV = RT$$

কোন আদর্শ গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার উপরোক্ত সমীকরণকে বলা হয় **আদর্শ গ্যাসের সমীকরণ**।

আদর্শ গ্যাসের সমীকরণে ধ্রুবক 'R' যথেষ্ট গুরুত্বপূর্ণ। যদি এক গ্র্যাম-অণু (gramme-molecule) গ্যাসের কথা চিন্তা করা হয় তবে ঐ ধ্রুবক-কে বলা হয় **সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক** (universal gas constant) এবং যে-কোন গ্যাসের বেলাতে উহার মান সমান।

কিন্তু যদি 'n' গ্র্যাম-অণু গ্যাসের কথা বিবেচনা করা হয় তবে উপরোক্ত গ্যাস সমীকরণকে নিম্নলিখিতভাবে লেখা যাইবে,

$$PV = nRT$$
$$= KT \qquad [K = nR]$$

এক্ষেত্রে 'K' এর মান গ্যাসের ভরের উপর নির্ভর করিবে।

4-18. সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবকের মান (Magnitude of universal gas constant) :

এক গ্র্যাম-অণু গ্যাস লইলে, আদর্শ গ্যাস সমীকরণ $PV = RT$ যে-কোন তাপমাত্রা ও চাপে যে-কোন আদর্শ গ্যাসের বেলাতেই প্রযোজ্য হইবে।

অর্থাৎ, $R = \frac{PV}{T} = \frac{P_o V_o}{T_o}$

এখানে, V_o = স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় এক গ্র্যাম-অণুর আয়তন

$= 22{\cdot}4$ litres

$= 22400$ c.c.

P_o = স্বাভাবিক চাপ (76 cm. পারদের চাপ)

$= 76 \times 13{\cdot}59 \times 981 = 1{\cdot}013 \times 10^6$ dynes/sq. cm.

T_o = স্বাভাবিক তাপমাত্রা (অর্থাৎ 0°C)

$= (0 + 273) = 273^\circ A.$

কাজেই, $R = \frac{1{\cdot}013 \times 10^6 \times 22400}{273} = 8{\cdot}31 \times 10^7$ ergs/°C.

4-19. গ্যাসের চাপ, তাপমাত্রা ও ঘনত্বের পারস্পরিক সম্পর্ক (Relation between the pressure, temperature and density of a gas) :

ধর, কিছু পরিমাণ গ্যাসের ভর 'm' এবং T_1 তাপমাত্রায় উহার আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_1 এবং D_1, যদি তাপমাত্রা পরিবর্তিত হইয়া T_2 হয় তবে উহার আয়তন ও ঘনত্ব উভয়ই পরিবর্তিত হইবে ; কিন্তু ভর ঠিক থাকিবে। মনে কর পরিবর্তিত আয়তন ও ঘনত্ব যথাক্রমে V_2 এবং D_2.

অতএব $V_1 D_1 = m = V_2 D_2$

or, $V_1 = \frac{m}{D_1}$ এবং $V_2 = \frac{m}{D_2}$

যদি ঐ দুই তাপমাত্রায় গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_1 এবং P_2 হয়, তবে আদর্শ গ্যাস সমীকরণ হইতে আমরা জানি,

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

অথবা $$\frac{P_1m}{D_1T_1}=\frac{P_2m}{D_2T_2}$$

$$\frac{P_1}{D_1T_1}=\frac{P_2}{D_2T_2}$$

অর্থাৎ, $$\frac{}{DT}=\text{ধ্রুবক।}$$

উদাহরণ: স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে 1 litre শুষ্ক বায়ুর ওজন 1·293 gms ; 3 বায়ুমণ্ডল চাপে এবং 100°C তাপমাত্রায় 3 litres শুষ্ক বায়ুর ওজন কত হইবে ?

[A litre of dry air at N. T. P. weighs 1·293 gms. What would be the weight of 3 litres at 100°C and a pressure of 3 atmospheres ?]

উ। স্বাভাবিক তাপমাত্রা এবং চাপে শুষ্ক বায়ুর ঘনত্ব (D_1 ধর)
= 1·293 gms/litre

100°C তাপমাত্রায় এবং 3 বায়ুমণ্ডল চাপে উহার ঘনত্ব $=D_2$ (ধর)

এখানে, $P_1=1$ atmosphere, $T_1=273°A$, $D_1=1·293$ gms/litre

এবং $P_2=3$ atmospheres, $T_2=273+100°=373°A$. $D_2=?$

আমরা জানি, $$\frac{P_1}{D_1T_1}=\frac{P_2}{D_2T_2}$$

অথবা, $$D_2=\frac{P_2D_1T_1}{P_1T_2}=\frac{3\times1·293\times273}{1\times373}$$

$$=2·48 \text{ gms/litre}$$

∴ 3 litres শুষ্ক বায়ুর ওজন $=3\times2·84$ gms $=8·52$ gms.

4-20. গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্ক (Co-efficient of expansion of gases):

কঠিন ও তরল পদার্থ অপেক্ষা গ্যাসের প্রসারণশীলতা (expansibility) বা সংনমনশীলতা (compressibility) অনেক বেশী তাহা পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। ফলে, নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে

ব্যবস্থা অনুযায়ী উহার আয়তনের বৃদ্ধি বা হ্রাস হইতে পারে কিংবা চাপের বৃদ্ধি বা হ্রাস হইতে পারে। এই কারণে গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্ক দুইটি ধরা হয়। (1) চাপ স্থির রাখিয়া তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধিতে আয়তনের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহার দরুন একটি গুণাঙ্ক যাহাকে বলা হয় **আয়তন গুণাঙ্ক** (volume co-efficient) এবং (2) আয়তন স্থির রাখিয়া তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধিতে চাপের যে হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তাহার দরুন একটি গুণাঙ্ক যাহাকে বলা হয় **চাপ গুণাঙ্ক** (pressure co-efficient)।

(1) **আয়তন গুণাঙ্ক** [Volume co-efficient (γ_p)] : চাপ স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে 1°C বৃদ্ধি করিলে উহার প্রতি একক আয়তনে যে আয়তন বৃদ্ধি হইবে উহাকে উক্ত গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক বলা হয়। এই গুণাঙ্ক সব গ্যাসের বেলাতেই সমান।

মনে কর, 0°C এবং t°C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে V_o এবং V_t.

এক্ষেত্রে তাপমাত্রা বৃদ্ধি $= t - 0 = t$°C এবং আয়তন বৃদ্ধি $= V_t - V_o$

সুতরাং 1°C তাপমাত্রাবৃদ্ধির জন্য আয়তন বৃদ্ধি $= \dfrac{V_t - V_0}{t}$ এবং

প্রতি একক আয়তনে আয়তন বৃদ্ধি $= \dfrac{V_t - V_o}{V_o t}$

$\therefore$ আয়তন গুণাঙ্ক $(\gamma_p) = \dfrac{V_t - V_o}{V_o t}$

(2) **চাপ গুণাঙ্ক** [Pressure co-efficient (γ_v)] : আয়তন স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে 1°C বৃদ্ধি করিলে উহার প্রতি একক চাপে যে চাপবৃদ্ধি হইবে উহাকেই উক্ত গ্যাসের চাপ গুণাঙ্ক বলা হয়। এই গুণাঙ্কও সব গ্যাসের বেলাতে সমান।

পূর্বের মত, মনে কর, 0°C এবং t°C তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_o এবং P_t.

এক্ষেত্রে তাপমাত্রাবৃদ্ধি $= t - 0 = t$°C এবং চাপবৃদ্ধি $= P_t - P_o$

সুতরাং 1°C তাপমাত্রাবৃদ্ধির জন্য চাপবৃদ্ধি $= \dfrac{P_t - P_o}{t}$

এবং প্রতি একক চাপে চাপবৃদ্ধি $= \dfrac{P_t - P_o}{P_o t}$

$\therefore$ চাপ গুণাঙ্ক $(\gamma_v) = \dfrac{P_t - P_o}{P_o t}$

4-21. গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয়ে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা 0°C তাপমাত্রায় লইবার কারণ (Reason for taking initial volume at 0°C in calculating the volume co-efficient of a gas) :

গ্যাসের ক্ষেত্রে আয়তন গুণাঙ্ক অথবা আয়তন প্রসারণ নির্ণয়ে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা 0°C-এর আয়তনকে লওয়া হয়। লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে তরল বা কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে প্রাথমিক আয়তন যে-কোন তাপমাত্রার আয়তনকে লওয়া হইয়াছে। ইহার কারণ এই যে কঠিন বা তরলের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্কের মান খুব কম বলিয়া ঐরূপ করা চলে কিন্তু গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক ($\frac{1}{273}$) যথেষ্ট বেশী হওয়ায় ঐরূপ করা চলে না ; উহাতে যথেষ্ট ভুল হইবে। যেমন, কোন তরল বা কঠিন পদার্থের আয়তন t_1°C এবং t_2°C তাপমাত্রায় V_1 এবং V_2 হইলে আমরা অনায়াসে লিখিতে পারি $V_2 = V_1 \{1 + \gamma(t_2 - t_1)\}$ [γ = তরল বা কঠিনের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক] কিন্তু গ্যাসের বেলাতে আমরা ঐরূপ সরাসরি লিখিতে পারি না, সেক্ষেত্রে আমাদের লিখিতে হইবে $V_1 = V_0\{1 + \gamma t_1\}$ এবং $V_2 = V_0\{1 + \gamma t_2\}$ [γ = গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক]।

একটি উদাহরণ দিতেছি। ধর, কোন গ্যাসের আয়তন 0°C তাপমাত্রায় 273 c.c. ; তাহা হইলে 100°C এবং 120°C তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন নিয়মানুযায়ী হিসাব করিলে দাঁড়াইবে

$$V_{100} = V_0 \left(1 + \frac{1}{273} \times 100\right) = 273 \left(1 + \frac{100}{273}\right) = 373 \text{ c.c.}$$

এবং $$V_{120} = V_0 \left(1 + \frac{120}{273}\right) = 273 \left(1 + \frac{120}{273}\right) = 393 \text{ c.c.}$$

এখন, V_{100} আয়তনকে প্রাথমিক আয়তন ধরিয়া V_{120} নির্ণয় করিবার চেষ্টা করিলে কি ফল পাওয়া যায় দেখা যাউক। এই নিয়মে,

$$V_{120} = V_{100}\{1 + \tfrac{1}{273}(120 - 100)\}$$
$$= 373 \{1 + \tfrac{20}{273}\}$$
$$= 400{\cdot}3 \text{ c.c.}$$

দেখা যাইতেছে যে এই পদ্ধতিতে যে আয়তন হইল তাহা চার্লস-এর সূত্র অনুযায়ী নির্ণীত আয়তন (393 c.c.) অপেক্ষা অনেক বেশী। সুতরাং এই পদ্ধতি ত্রুটিপূর্ণ। সুতরাং মনে রাখিবে যে গ্যাসের ক্ষেত্রে প্রাথমিক আয়তন সর্বদা 0°C-এ লইতে হইবে।

4-22. গ্যাসের দুই প্রসারণ গুণাঙ্কের সম্পর্ক :

মনে কর, চাপ স্থির রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা 0°C হইতে t°C বৃদ্ধি করিলে উহার আয়তন V_o হইতে V_t হয়। আমরা আয়তন গুণাঙ্ক হইতে লিখিত পারি,

$$\gamma_p = \frac{V_t - V_o}{V_o t}$$

$$\text{অথবা,}\quad V_t = V_0 + V_0 \gamma_p t$$
$$= V_0(1+\gamma_p t) \cdots\cdots (i)$$

এখন মনে কর, তাপমাত্রা t°C-এ স্থির রাখিয়া গ্যাসের চাপ P_0 হইতে বাড়াইতে বাড়াইতে এমন (ধর, P_t) করা হইল যে গ্যাসের আয়তন V_t হইতে কমিতে কমিতে পূর্বের V_0 আয়তন হইল। এক্ষেত্রে তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকায় বয়েলের সূত্র প্রয়োগ করিয়া লেখা যাইতে পারে যে,

$$P_0 V_t = P_t V_0 \cdots\cdots (ii)$$

সুতরাং (i) এবং (ii) সমীকরণদ্বয়ের সমন্বয় করিয়া আমরা পাই,

$$P_0 V_0 (1+\gamma_p . t) = P_t V_0$$

$$\text{অথবা,}\quad P_t = P_0(1+\gamma_p t) \cdots\cdots (iii)$$

কিন্তু যদি মনে করা যায় যে গ্যাসের আয়তন V_0 স্থির রাখিয়া উহার তাপমাত্রা 0°C হইতে t°C বৃদ্ধি করা যায় তবে চাপ গুণাঙ্ক হইতে আমরা পাই,

$$\gamma_v = \frac{P_t - P_0}{P_0 t}$$

$$\text{অথবা,}\quad P_t = P_0 + P_0 \gamma_v t$$
$$= P_0(1+\gamma_v t) \cdots\cdots (iv)$$

(iii) এবং (iv) নং সমীকরণদ্বয় সমন্বয় করিলে লেখা যায়

$$\gamma_p = \gamma_v$$

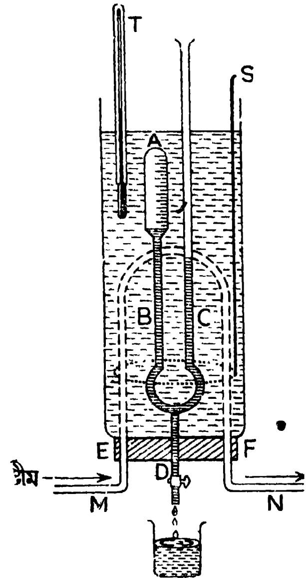
অর্থাৎ, যে-কোন গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক ও চাপ গুণাঙ্ক সমান। প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে, এই গুণাঙ্কের মান $\frac{1}{273}$ অথবা ·00366.
(চার্লসের সূত্র দ্রষ্টব্য)।

4-23 গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্কদ্বয়ের পরীক্ষামূলক নির্ণয় (Experimental determination of the two co-efficients of expansion of gas) **:**

গ্যাসের আয়তন গুণাঙ্ক (γ_p) নির্ণয়ের জন্য রেনোর স্থির-চাপ থার্মোমিটার এবং চাপ গুণাঙ্কের (γ_v) জন্য জলির স্থির-আয়তন থার্মোমিটার প্রয়োজন। নিম্নে এই দুইটি থার্মোমিটারের বিবরণ ও গুণাঙ্ক নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা করা হইল।

(ক) রেনোর স্থির-চাপ থার্মোমিটার ও আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয় (Regnault's constant pressure thermometer and determination of volume co-efficient) :

যন্ত্রের বিবরণ : 4জ নং চিত্রে স্থির-চাপ থার্মোমিটারের নকসা দেখানো হইল। BC অনেকটা U-অক্ষরের ন্যায় বাঁকনো একটি কাচনল। ঐ নলের একমুখ খোলা এবং অপর মুখে একটি বাল্ব A যুক্ত। বাল্বটি বায়ুপূর্ণ এবং উহার গায়ে আয়তন সূচক দাগ কাটা আছে। বাল্বের কিছু অংশে এবং BC নলে সালফিউরিক অ্যাসিড রাখা আছে। BC নলের ঠিক নীচু হইতে ছিপিযুক্ত একটি সরু নল D লাগানো আছে। বাল্বযুক্ত BC নলটিকে ঘিরিয়া একটি জলপূর্ণ মোটা কাচের চোঙ থাকে এবং উহার তলার মুখ একটি রবার-কর্ক EF দ্বারা বন্ধ। কর্কের মাঝখানের একটি ছিদ্র হইতে D নলটি বাহির হইয়া আসিয়াছে এবং পাশের দুইটি ছিদ্র দিয়া একটি বাঁকানো তামার নল MN ঢুকান আছে। এই নলের সাহায্যে চোঙের ভিতরে স্টীম পাঠানো হয়। তাহাতে চোঙের জল উত্তপ্ত হয়। জলকে নাড়িবার জন্য একটি আলোড়ক S এবং A বাল্বের বায়ুর তাপমাত্রা মাপিবার জন্য বাল্বের নিকটে একটি থার্মোমিটার T রাখিবার বন্দোবস্ত আছে। D নলের ছিপি খুলিয়া কিছু অ্যাসিড বাহির করিয়া দিয়া অথবা C নলের খোলামুখ দিয়া কিছু অ্যাসিড নলে ঢালিয়া B এবং C বাহুতে অ্যাসিডের লেভেল সমান করিলে A বাল্বের বায়ুচাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।



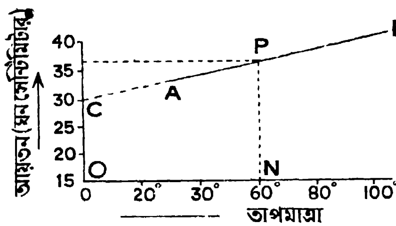
রেনোর স্থির-চাপ থার্মোমিটার

চিত্র 4জ

আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয় : MN নল দিয়া স্টীম পাঠাইবার পূর্বে B ও C বাহুতে অ্যাসিডের লেভেল সমান করিয়া A বাল্বের দাগ হইতে বায়ুর আয়তন নির্ণয় কর এবং T থার্মোমিটার হইতে জলের তাপমাত্রা দেখিয়া রাখ। অতঃপর MN নল দিয়া স্টীম পাঠাও। ইহাতে চোঙের জলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে

এবং A বাল্‌বের বায়ুর তাপমাত্রাও জলের তাপমাত্রার সমান হইবে। ফলে, ঐ বায়ুর আয়তন বৃদ্ধি পাইয়া B নলের অ্যাসিড লেভলকে চাপ দিয়া নীচে নামাইয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে C নলে অ্যাসিড লেভেল উর্ধ্বে উঠিবে। অর্থাৎ, B এবং C নলের অ্যাসিড লেভেলদ্বয়ের উচ্চতার পার্থক্য দেখা দিবে। স্টীম প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত করিয়া এবং S আলোড়ক দ্বারা জল সর্বদা নাড়িয়া জলের তাপমাত্রা পূর্বাপেক্ষা 5°C কিংবা 10°C বেশী হইলে জলকে কিছুক্ষণ ঐ তাপমাত্রায় রাখিতে হইবে। ইত্যবসরে D নলের ছিপি খুলিয়া কিছু অ্যাসিড বাহির করিয়া দিয়া পুনরায় B এবং C নলে অ্যাসিড লেভেল সমান করিতে হইবে। ফলে, ঐ বর্ধিত তাপমাত্রায় A বাল্‌বের বায়ুচাপ পূর্বেকার বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হইবে। ইহাতে বায়ুচাপ স্থির রাখা হইল। এখন A বাল্‌বের দাগ হইতে এই বায়ুর আয়তন নির্ণয় কর। এইরূপ স্টীম-প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করিয়া ধাপে ধাপে জলের তাপমাত্রা 5°C কিংবা 10°C বৃদ্ধি করিয়া বায়ু-চাপ সমান রাখিতে হইবে এবং প্রতিবার বায়ুর আয়তন কত হয় নির্ণয় করিতে হইবে।

অতঃপর আয়তন-তাপমাত্রার একটি লেখচিত্র আঁকিতে হইবে। তাপমাত্রাকে অনুভূমিক অক্ষ বরাবর এবং আয়তনকে উল্লম্ব অক্ষ বরাবর আঁকিলে লেখচিত্রটি একটি সরল রেখা হইবে। 4ঝ নং চিত্রে AB ঐ সরল রেখা। সরল রেখাটিকে বর্ধিত করিলে উহা আয়তনের অক্ষকে C বিন্দুতে ছেদ করিবে। OC পূর্বোক্ত বায়ুর 0°C তাপমাত্রায় আয়তন প্রকাশ করে। মনে কর উহা V_o; এখন সরল রেখার উপর যে-কোন বিন্দু P লইয়া তাপমাত্রা-অক্ষের উপর PN লম্ব টানিলে ON একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা এবং PN ঐ তাপমাত্রায় পূর্বোক্ত বায়ুর আয়তন প্রকাশ করে। 4ঝ নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে



চিত্র 4ঝ

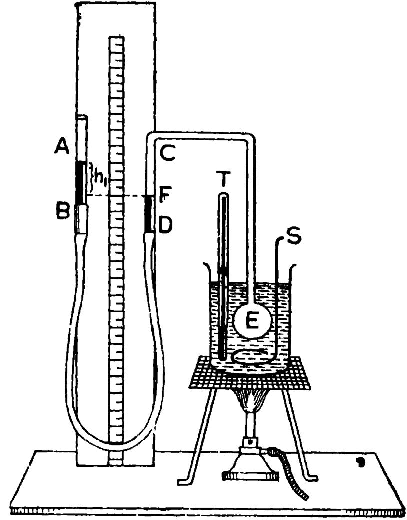
$$OC = V_o = 30 \text{ c.c.}$$
$$ON = t = 60°C$$
এবং $PN = V_t = 36.6$ c.c.

আমরা 4-20 অনুচ্ছেদে দেখিয়াছি,

$$\gamma'_p = \frac{V_t - V_o}{V_o t} = \frac{36.6 - 30}{60 \times 30} = \frac{6.6}{1800} = \frac{1}{273}$$

(খ) জলির স্থির-আয়তন থার্মোমিটার ও চাপ গুণাঙ্ক নির্ণয় (Jolly's constant volume thermometer and determination of pressure co-efficient) ঃ

যন্ত্রের বিবরণ ঃ 4ঞ নং চিত্রে স্থির-আয়তন থার্মোমিটারের নক্‌সা দেখানো হইল। ইহাকে জলির যন্ত্র (Jolly's apparatus)-ও বলা হয়। এই যন্ত্রে AB এবং CD দুইটি সরু কাচনল একটি কাঠের ফ্রেমে খাড়াভাবে আটকানো। একটি রবার নল উহাদের পরস্পরকে সংযুক্ত করিয়াছে। AB নলের উপরের মুখ খোলা এবং ঐ নলের কিছু অংশে, সমস্ত রবার নলে এবং CD নলের কিছু অংশে পারদ রাখা আছে। CD নলের সহিত একটি কাচের কুণ্ড E যুক্ত। ঐ কুণ্ডটি বায়ুপূর্ণ। CD নলে একটি দাগ দেওয়া থাকে। F হইল ঐ দাগ। AB নল উঁচু-নীচু করিয়া CD নলের পারদশীর্ষ সর্বদা F দাগ পর্যন্ত রাখিতে হইবে। ইহাতে E কুণ্ডস্থিত বায়ুর আয়তন সর্বদা স্থির থাকিবে। কুণ্ডটিকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া রাখিয়া বার্নারের সাহায্যে জলকে উত্তপ্ত করা হয়। জল নাড়িবার জন্য পাত্রের মধ্যে একটি আলোড়ক S এবং জলের তথা কুণ্ডস্থিত বায়ুর তাপমাত্রা নির্ণয়ের জন্য একটি থার্মোমিটার T দেওয়া থাকে। AB এবং CD নলের পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার পার্থক্য নির্ণয় করিবার জন্য উহাদের মাঝখানে কাঠের ফ্রেমের গায়ের একটি স্কেল আটকানো থাকে।



জলির স্থির-আয়তন থার্মোমিটার

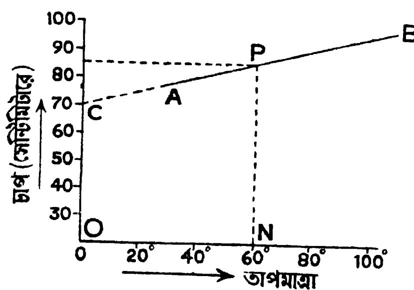
চিত্র 4ঞ

চাপ গুণাঙ্ক নির্ণয় ঃ

জলগাহের (water bath) জলকে উত্তপ্ত করিবার পূর্বে AB নলকে নামাইয়া বা উঠাইয়া CD নলের পারদশীর্ষকে F দাগ পর্যন্ত আন। এখন দুই নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতার প্রভেদ স্কেল হইতে নির্ণয় কর। মনে কর, উহা

h_1 (4ঞ নং চিত্র দেখ)। এই অবস্থায় E কুণ্ডস্থিত বায়ুর চাপ (P_1) = বায়ুমণ্ডলের চাপ + h_1 পারদস্তম্ভের চাপ। যদি বায়ুমণ্ডলের চাপ H পারদস্তম্ভের সমান ধরা হয় তবে এই চাপ $(P_1) = H + h_1$; থার্মোমিটার হইতে জলের অর্থাৎ কুণ্ডস্থিত বায়ুর তাপমাত্রা পাঠ কর। এখন বার্নারের সাহায্যে জলকে উত্তপ্ত কর এবং আলোড়ক S দ্বারা জল নাড়িতে থাক। জলের তাপমাত্রা পূর্বাপেক্ষা 5°C কিংবা 10°C বেশী হইলে জলকে ঐ তাপমাত্রায় কিছুক্ষণ রাখিতে হইবে। E কুণ্ডের বায়ু উত্তপ্ত হইয়া আয়তনে প্রসারিত হইবে এবং CD নলের পারদস্তম্ভকে চাপ দিয়া নীচে নামাইয়া দিবে। সঙ্গে সঙ্গে AB নলের পারদস্তম্ভ উর্ধ্বে উঠিবে। পুনরায় AB নলকে নামাইয়া বা উঠাইয়া CD নলের পারদশীর্ষকে F দাগে আনিতে হইবে। এই ব্যবস্থার ফলে E কুণ্ডের বায়ুর আয়তন স্থির থাকিবে। এই অবস্থায় দুই নলের পারদস্তম্ভের উচ্চতার প্রভেদ স্কেল হইতে পাঠ করিতে হইবে। যদি ইহা h_2 হয় তবে এই বর্ধিত তাপমাত্রায় E কুণ্ডের বায়ুচাপ $(P_2) = H + h_2$; এইরূপে তাপ নিয়ন্ত্রণ করিয়া কুণ্ডস্থিত বায়ুর তাপমাত্রা ধাপে ধাপে 5°C কিংবা 10°C করিয়া বাড়াইয়া যাইতে হইবে এবং প্রত্যেকবার বায়ুর আয়তন স্থির রাখিয়া চাপ নির্ণয় করিতে হইবে।

অতঃপর চাপ-তাপমাত্রার একটি লেখচিত্র আঁকিতে হইবে। তাপমাত্রাকে অনুভূমিক অক্ষ বরাবর এবং চাপ-কে উল্লম্ব অক্ষ বরাবর আঁকিলে লেখচিত্রটি একটি সরল রেখা হইবে। 4ট নং চিত্রে AB ঐ সরল রেখা। সরল রেখাকে বর্ধিত করিলে উহা চাপের অক্ষকে C বিন্দুতে ছেদ করিবে। OC পূর্বোক্ত বায়ুর 0°C তাপমাত্রায় চাপ প্রকাশ করে। মনে কর উহা P_0, এখন সরল রেখার উপর যে-কোন বিন্দু P লইয়া তাপমাত্রা অক্ষের উপর PN লম্ব টানিলে ON একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা এবং PN ঐ তাপমাত্রায় পূর্বোক্ত বায়ুর চাপ প্রকাশ করে। 4ট নং চিত্র হইতে দেখা যাইতেছে যে $OC = P_0 = 70$ cm. , $ON = t = 60°C$ এবং $PN = P_t = 85·4$ cm.



চিত্র 4ট

আমরা 4-20 অনুচ্ছেদে দেখিয়াছি

$$\gamma'_v = \frac{P_t - P_0}{P_0 t} = \frac{85·4 - 70}{70 \times 60} = \frac{15·4}{4200} = \frac{1}{273}$$

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে আয়তন গুণাঙ্ক ও চাপ গুণাঙ্ক জানা থাকিলে এই দুই থার্মোমিটারের যে-কোনটির সাহায্যে অজ্ঞাত তাপমাত্রা নির্ণয় করা যাইতে পারে।

সারাংশ

তরলের নিজস্ব কোন আকার না থাকায় তরলের দৈর্ঘ্য বা ক্ষেত্রপ্রসারণ সম্ভব নহে। তরলের শুধু আয়তন প্রসারণ হয়।

তবলের প্রকৃত প্রসারণ = তরলের আপাত প্রসারণ + পাত্রের প্রসারণ।

তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$0°C$ তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তবলের যে-আযতন হয় প্রতি $1°C$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আযতনের প্রতি এককে যে আপাত-প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের আপাত-প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

$$\gamma' = \frac{V_t - V_o}{V_o t} = \frac{\text{আয়তনের আপাত প্রসারণ}}{0°C \text{ তাপমাত্রায আয়তন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক :

$0°C$ তাপমাত্রায নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন তরলের যে-আয়তন হয় প্রতি $1°C$ তাপমাত্রা বৃদ্ধির জন্য ঐ আযতনের প্রতি এককে যে প্রকৃত প্রসারণ হইবে তাহাকে উক্ত তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক বলে।

$$\gamma = \frac{V_t - V_o}{V_o t} = \frac{\text{আয়তনের প্রকৃত প্রসারণ}}{0°C \text{ তাপমাত্রায আযতন} \times \text{তাপমাত্রা বৃদ্ধি}}$$

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক = তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক + পাত্রের আয়তন প্রসারণ গুণাঙ্ক।

তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক নির্ণয়ের জন্য (1) ডিলাটোমিটার বা (2) ভার থার্মোমিটার ব্যবহার করা যাইতে পারে।

তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক Duloug এবং Petit-এর পদ্ধতি দ্বারা নির্ণয় করা যায়।

তাপমাত্রা বৃদ্ধি বা হ্রাসের সঙ্গে জলের আয়তনের প্রসারণ ও সংকোচন অন্যান্য তরল হইতে ভিন্ন। দেখা গিয়াছে $4°C$ তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন সর্বাপেক্ষা কম অথবা ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী। হোপের পরীক্ষা দ্বারা জলের এই ব্যবহার খুব সুন্দরভাবে দেখানো যাইতে পারে। শীতের দেশে খুব ঠাণ্ডার দিনেও

জলের এই ব্যতিক্রান্ত ব্যবহারের জন্য নদী বা পুকুরের জল জমিয়া বরফ হয় না এবং জলচর প্রাণী প্রচণ্ড ঠাণ্ডাতেও বাঁচিয়া থাকে।

তাপ প্রয়োগে কঠিন ও তরল পদার্থের ন্যায় গ্যাসেরও প্রসারণ হয়।

নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন প্রসারণ গ্যাসের চাপ ও তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল। চাপের সহিত আয়তনের পরিবর্তন বয়েলের সূত্র দ্বারা এবং তাপমাত্রার সহিত আয়তনের পরিবর্তন চার্লস্-এর সূত্র দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

বয়েলের সূত্র : $PV =$ ধ্রুবক।

চার্লসের সূত্র : $V = V_o\left(1 \pm \frac{t}{273}\right)$

চার্লস ও বয়েলের সূত্রের সমন্বয় : $\frac{PV}{T} =$ ধ্রুবক।

গ্যাসের দুইটি প্রসারণ গুণাঙ্ক :—(1) আয়তন গুণাঙ্ক ও (2) চাপ গুণাঙ্ক। যে কোন গ্যাসের বেলাতে ইহাদের মান সমান।

প্রশ্নাবলী

1. তরলের আপাত ও প্রকৃত প্রসারণ বলিতে কি বুঝায়? ইহাদের গুণাঙ্কের সংজ্ঞা কি? এই গুণাঙ্কদ্বয়ের পারস্পরিক সম্পর্ক কি?

[What do you understand by real and apparent expansion of a liquid? What are the definitions of their co-efficients? What is the relation between them?] [*cf. H. S. (comp) 1960, 1962*]

2. ভার থার্মোমিটারের সাহায্যে তরলের কোন্ গুণাঙ্ক নির্ণীত হয়? এই পদ্ধতি সবিস্তারে বর্ণনা কর।

[Which co-efficient of expansion of a liquid is determined by a weight thermometer? Describe the method in detail.]

3. একটি ভার থার্মোমিটারে 0°C তাপমাত্রায় 24 gms পারদ আছে। উহাকে 100°C তাপমাত্রায় উষ্ণ করিলে উহাতে 28·622 gms পারদ থাকে। পারদের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক কত? পাত্রের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক $6·68 \times 10^{-6}$ হইলে পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক কত?

[A weight thermometer contains 24 gms of mercury at 0°C. When heated to 100°C it contains 28·622 gms. What is the co-efficient of apparent expansion of mercury? If the co-efficient of linear expansion of the container be $6·68 \times 10^{-6}$, find the co-efficient of absolute expansion of mercury.] [Ans. 16×10^{-5}, $17·9 \times 10^{-5}$]

4. একটি ভার থার্মোমিটারকে 15°C তাপমাত্রায় অ্যালকোহল দ্বারা পূর্ণ করিতে 45 gms অ্যালকোহল দরকার হয়। যদি থার্মোমিটারকে 88°C তাপমাত্রায় উষ্ণ করা হয়, তবে কতখানি অ্যালকোহল বাহির হইয়া যাইবে? অ্যালকোহলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক = ·00121.

[A weight thermometer requires when filled completely at 15°C, 45 gms of alcohol. How much alcohol will be expelled when it is heated to 88°C ? Co-efficient of apparent expansion of alcohol = ·00121.] [Ans 0·96 gms (প্রায়)]

5. লম্বা, সূক্ষ্ম ও সমব্যাসযুক্ত রন্ধ্রের কাচনলে 0°C তাপমাত্রায় 1 metre দীর্ঘ একটি পারদ-সূত্র আছে। তাপমাত্রা 100°C-এ বৃদ্ধি করিলে পারদসূত্রের দৈর্ঘ্য 16·5 mm. বৃদ্ধি পায়। পারদের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক 0·000182 হইলে কাচের দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক কত হইবে?

[A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury 1 metre long at 0°C. When the temperature is raised to 100°C, the thread of mercury is found to be 16·5 m.m. longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be ·000182, calculate the co-efficient of linear expansion of glass] [*H. S. (Comp) 1960*] [Ans. $5{\cdot}6 \times 10^{-6}$]

6. একটি কাচনলের আভ্যন্তরীণ প্রস্থচ্ছেদ 0·005 sq. cm এবং উহার এক প্রান্তে 12 c.c. আয়তনের একটি কুণ্ড যুক্ত আছে। 15°C তাপমাত্রায় ঐ কুণ্ডটি একটি তরল দ্বারা পূর্ণ আছে। তরলের আপাত প্রসারণ গুণাঙ্ক $0{\cdot}52 \times 10^{-3}$ হইলে এবং কুণ্ডটিকে 45°C উত্তপ্ত করিলে ঐ তরল নলের কত দূরত্ব পর্যন্ত বিস্তৃত হইবে?

[A piece of glass tubing, internal area of cross section 0·005 sq. cm. has a bulb of 12 c. c. capacity on the end. The bulb is completely filled at 15°C with a liquid, whose co-efficient of apparent expansion in glass is $0{\cdot}52 \times 10^{-3}$ per degree centigrade. How far will the liquid rise in the tube when the temperature of bulb is raised to 45°C ? [Ans. 87·44 cm]

7. তরলের প্রকৃত প্রসারণ গুণাঙ্ক কাহাকে বলে? উহা কিরূপে নির্ণয় করিবে?

[What is the co-efficient of real expansion of a liquid ? How would you determine it ?]

8. 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বোচ্চ। ইহার অর্থ পরিষ্কার করিয়া বুঝাইয়া দাও। পারদ ও জলকে 0°C হইতে উষ্ণ করিলে দু'য়ের ব্যবহারের তফাৎ কোথায়?

[Water has maximum density at 4°C. Explain this statement fully. If mercury and water are gradually heated from 0°C, what would be the difference observed in their behaviour ?]

9. হোপের পরীক্ষার দ্বারা কি প্রমাণিত হয়? পরীক্ষার বিশদ বিবরণ দিয়া তোমার উত্তর বুঝাইয়া দাও।

[What does Hope's experiment prove ? Explain your answer giving a detailed account of the experiment.]

10. জলের ব্যতিক্রান্ত প্রসারণ বলিতে কি বোঝ? 0°C হইতে 20°C পর্যন্ত তাপমাত্রা পরিবর্তনে নির্দিষ্ট ভরের জলের আয়তন কিরূপ পরিবর্তিত হয় তাহা একটি চিত্র আঁকিয়া বুঝাও। জলের ঘনত্ব 4°C তাপমাত্রায় সর্বোচ্চ হয় তাহা কি পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করিতে পার?

[What do you understand by 'anomalous expansion of water'? Draw a diagram showing the change in volume of a given mass of water as its temperature is raised from 0°C to 20°C. By what experiment would you prove that the density of water is maximum at 4°C?] [*H. S.* (*Comp*), *1962*]

11. নিম্নলিখিত প্রশ্নের জবাব দাও :—

(ক) জলের উপর বরফ জমিলেও তলায় জল তরল অবস্থায় থাকে কেন?

(খ) জমিয়া যাওয়া নদীতে মাছ বাঁচে কি করিয়া?

[Answer the following questions :—

(a) How does water remain in the liquid condition at the bottom while that on the surface has frozen?

(b) How can fish live in a frozen river?]

12. একটি বীকারে একখণ্ড বরফ লইয়া বীকারে জল ঢালা হইল যতক্ষণ না বীকারটি কানায় কানায় জলে ভর্তি হইল। বরফ সম্পূর্ণ গলিয়া গেলে বীকারের জলের তলের কি পরিবর্তন হইবে যদি (i) 0°C এর জল লওয়া হয় (ii) 4°C এর জল লওয়া হয় (iii) উত্তপ্ত জল লওয়া হয়।

[A piece of ice is taken in a beaker and water is poured in the beaker till it is on the point of overflowing. When the whole of ice melts, what will be the change in the water-level of the beaker when the water taken is (i) at 0°C (ii) at 4°C and (iii) hot.]

13. তাপ প্রয়োগে গ্যাসের প্রসারণ হইবার পরীক্ষা বর্ণনা কর। গ্যাসের আয়তন প্রসারণ নির্ধারণে তাপমাত্রা ও চাপের উল্লেখ করিতে হয় কেন?

[Describe experiments to illustrate that gases expand on heating. Why is it necessary to mention temperature and pressure in considering volume expansion of a gas?]

14. গ্যাসের সূত্র কি? উহাদের ব্যাখ্যা কর।

[What are gas laws? Explain them.]

15. নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রার ভিতর যে সম্পর্ক আছে উহা নির্ণয় কর।

[Establish the relation between the volume, temperature and pressure of a certain quantity of gas.]

16. 15°C তাপমাত্রায় ও একটি নির্দিষ্ট চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসে তাপ প্রয়োগ করিয়া উহার আয়তন দ্বিগুণ করা হইল। উহার বর্ধিত তাপমাত্রা কত হইবে?

[A certain quantity of gas at 15°C and at a particular pressure is heated to double its volume, pressure remaining same. What is the final temperature ?]

17. 0°C তাপমাত্রায় ও 740 mm পারদের চাপে একটি পাত্রে 1000 litres গ্যাস আছে। যদি তাপমাত্রা 27°C-এ বর্ধিত করা হয় তবে উক্ত আয়তনযুক্ত গ্যাসের চাপ কত হইবে ?

[A vessel contains 1000 litres of gas at 0°C and 740 mm of mercury pressure. If the temperature be increased to 27°C, what would be the pressure of the gas, volume supposed to be constant ?] [Ans. 818·1 mm]

18. 27°C তাপমাত্রায় এবং 740 mm পারদের চাপে কিছু পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 400 c.c. ; যদি তাপমাত্রা 0°C ও চাপ 760 mm হয় তবে উক্ত গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?

[The volume occupied by a certain mass of gas at 27°C and 740 mm of mercury pressure is 400 c. c. If the temperature be changed to 0°C and pressure to 760 mm of mercury, what would be the volume of the gas ?]

[Ans. 854·4 c.c.]

19. 20°C তাপমাত্রায় এবং 760 mm চাপে 100 c c. গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। গ্যাস অধিকৃত স্থান জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত ছিল। স্বাভাবিক চাপ ও তাপমাত্রায় ঐ গ্যাসের আয়তন কত হইবে ? 20°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ = 17 4 mm.

[100 c. c. of a gas are collected over water at 20°C and 760 mm pressure, the space being saturated with aqueous vapour. Find the volume of dry gas at N. T. P. The maximum aqueous vapour pressure at 20°C = 17·4 mm.]

[Ans. 91·04 c. c.]

20. একটি ঘরের সাইজ 50 ft × 80 ft × 25 ft ; ঐ ঘরের তাপমাত্রা 20°C হইতে 25°C বৃদ্ধি করিলে ঘরের বায়ুর শতকরা কত ভাগ নিষ্ক্রান্ত হইবে ? ঘরের চাপ অপরিবর্তিত মনে করিতে পার।

[The measurement of a room is 50 ft × 80 ft × 25 ft. If the temperature of the room is increased from 20°C to 25°C calculate what percentage of the air will be expelled from the room, the pressure remaining constant.]

[Ans. 1·71%]

21. গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্ক কয় প্রকার ? উহাদের সংজ্ঞা কি ? উহাদের পারস্পরিক সম্পর্ক কি ?

[What are the co-efficients of expansion of a gas ? What are their definitions ? What is the relation between them ?]

22. সর্বজনীন গ্যাস ধ্রুবক কাহাকে বলে ? ইহা কি সকল গ্যাসের বেলাতে সমান ? ইহার মান নির্ণয় কর।

[What is universal gas constant ? Is it same for all gases ? Determine its value.]

23. রেনোর স্থির চাপ থার্মোমিটার বর্ণনা কর। ইহার সাহায্যে কিরূপে আয়তন গুণাঙ্ক নির্ণয় করা যায় ?

[Describe Regnault's constant pressure thermometer. How can you find the value of volume co-efficient with its help ?]

[Objective Type Questions]

24. নিম্নলিখিত উক্তিগুলির শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) গ্যাসের আয়তন প্রসারণ নির্ণয়ে—এবং—উল্লেখ বিশেষ প্রয়োজন।

(ii) স্থির তাপমাত্রায় গ্যাসের আয়তন ও চাপ সম্পর্কিত সূত্রকে—সূত্র বলা হয়।

(iii) স্থির চাপে গ্যাসের আয়তন ও তাপমাত্রা সম্পর্কিত সূত্রকে—সূত্র বলা হয়।

(iv) তরলের নিজস্ব কোন আকার না থাকায় তরলের—বা—প্রসারণ সম্ভব নয়।

(v) 4°C তাপমাত্রায় জলের ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা—।

(vi) তাপমাত্রার চরম স্কেলের শূন্য দাগ সেণ্টিগ্রেড স্কেলের — দাগের সমান।

(vii) তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া কিছু পরিমাণ গ্যাসের উপর — বৃদ্ধি বা হ্রাস করিলে ঐ গ্যাসের—চাপের সহিত—পরিবর্তিত হইবে।

(viii) সমান তাপ পাইলে সকল গ্যাসের—প্রসারণ—হয়।

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

অবস্থা পরিবর্তন (Change of State)

কঠিন হইতে তরল অবস্থায় রূপান্তর

5-1. সূচনা :

আমরা জানি পদার্থ তিন রকম অবস্থায় থাকিতে পারে ; যথা :—কঠিন, তরল ও বায়বীয়। যখন কোন পদার্থ কঠিন হইতে তরলে বা তরল হইতে বায়বীয় অবস্থাতে অথবা বায়বীয় হইতে তরল ইত্যাদি এক অবস্থা হইতে অন্য কোন অবস্থাতে পরিবর্তিত হয় তখন তাহাকে পদার্থের অবস্থা পরিবর্তন বলা হয়।

5-2. গলন ও কঠিনীভবন (Melting and Solidification) :

ধর, একটুকরা বরফকে $-10°C$ তাপমাত্রায় রাখা আছে। ঐ বরফ টুকরাতে যদি তাপ প্রয়োগ করা হয় তবে দেখা যাইবে যে উহার তাপমাত্রা বাড়িতেছে। **যখন তাপমাত্রা $0°C$ হইল তখন তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না, কিন্তু বরফ গলিয়া জল হইতে শুরু করিবে।** যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত বরফ গলিয়া জল হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত তাপ প্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রা $0°C$ থাকিবে। পরে বরফ-গলা জলের তাপমাত্রা আস্তে আস্তে বৃদ্ধি পাইবে।

তেমনি যদি খানিকটা বিশুদ্ধ জল লইয়া ক্রমাগত ঠাণ্ডা করা যায় তবে জলের তাপমাত্রা হ্রাস পাইবে। কিন্তু যখন তাপমাত্রা $0°C$-এ পৌছিবে তখন ঠাণ্ডা করা সত্ত্বেও জলের তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন দেখা যাইবে না, কিন্তু জল জমিয়া বরফ হইতে শুরু করিবে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত জল জমিয়া বরফে পরিণত হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত ঠাণ্ডা করা সত্ত্বেও তাপমাত্রা $0°C$ থাকিবে। পরে বরফের তাপমাত্রা আস্তে আস্তে হ্রাস পাইবে।

উপরের ঘটনা হইতে বলা যায়, যে-কোন পদার্থে তাপ প্রয়োগ করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌছিলে কঠিন পদার্থ গলিতে শুরু করে এবং তখন তাপপ্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না, যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া তরলে পরিণত হইবে। এই ব্যাপারকে **পদার্থের গলন** বলা হয়।

তেমনি, কোন তরল পদার্থ হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা হ্রাস পায়। কিন্তু **একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌছিলে তরল**

পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে শুরু করে এবং তখন তাপ নিষ্কাশন সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না, যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া কঠিন হয়। এই ব্যাপারকে পদার্থের **কঠিনীভবন** বলা হয়।

5-3. পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক (Melting point and freezing point of a substance) :

কোন নির্দিষ্ট চাপে পদার্থ যে-তাপমাত্রায় গলিতে শুরু করে তাহাকে উক্ত পদার্থের **গলনাঙ্ক** বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া যায় ততক্ষণ ঐ তাপমাত্রা স্থির থাকে।

কোন নির্দিষ্ট চাপে তরল যে-তাপমাত্রায় জমিতে শুরু করে তাহাকে উক্ত তরলের **হিমাঙ্ক** বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া যায় ততক্ষণ ঐ তাপমাত্রা স্থির থাকে।

যে-কোন পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক সমান। যেমন, সাধারণ বায়ুমণ্ডলের চাপে বরফ 0°C-এ গলিয়া জল হয়। আবার জল ঐ তাপমাত্রাতেই জমিয়া বরফে পরিণত হয়। কিন্তু একথা মনে রাখিতে হইবে যে কোন পদার্থের গলনাঙ্ক বা হিমাঙ্ক ধ্রুবক নয়। চাপের উপর উহা নির্ভর কর।

0°C তাপমাত্রার জলের সহিত 0°C তাপমাত্রার বরফের অন্তর্নিহিত তাপ (heat content) সম্পর্কে তফাৎ আছে। কারণ 0°C তাপমাত্রার প্রতি গ্র্যাম জল হইতে 80 calorie তাপ নিষ্কাশন করিলে 0°C তাপমাত্রার বরফ পাওয়া যায়। অর্থাৎ, উপরোক্ত জল হইতে বরফে তাপ অনেক কম। এই কারণে বস্তু শীতলীকরণে 0°C তাপমাত্রার জল হইতে 0°C তাপমাত্রার বরফ অনেক বেশী কার্যকর।

5-4. গলনে বা কঠিনীভবনে আয়তনের পরিবর্তন (Change of volume during melting or solidification) :

কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হইলে আয়তনের প্রসারণ হয় এবং তরল পদার্থ কঠিনে পরিণত হইলে আয়তনের সংকোচন হয়। ইহাই সাধারণ নিয়ম। কিন্তু জল, ঢালাই লোহা (cast iron) পিতল, বিসমাথ, অ্যান্টিমনি প্রভৃতি পদার্থ এই নিয়মের ব্যতিক্রম। ইহারা তরলে পরিণত হইলে আয়তনে সংকুচিত হয় এবং তরল অবস্থা হইতে কঠিনে পরিণত হইলে আয়তনে প্রসারিত হয়। যথা, 0°C তাপমাত্রায় 11 c.c. জল জমিয়া বরফে পরিণত হইলে 12 c.c. হয় অর্থাৎ শতকরা 9 ভাগ আয়তন বৃদ্ধি পায়। তেমনি ঢালাই লোহা প্রায় শতকরা 7 ভাগ আয়তনে বৃদ্ধি পায়।

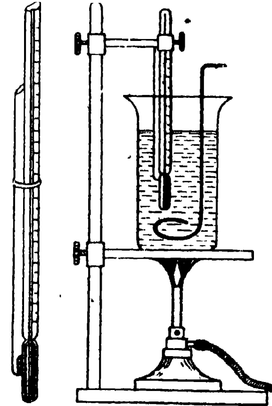
শীতের দেশে যখন জল জমিয়া বরফে পরিণত হয় তখন আয়তন বৃদ্ধির জন্য নানারকম অসুবিধা হয়। অনেক সময় দেখা গিয়াছে যে জলের পাইপে জল জমিয়া বরফে পরিণত হইয়াছে এবং তাহার ফলে আয়তন বৃদ্ধির জন্য যে প্রচণ্ড বলের উদ্ভব হইয়াছে তাহাতে জলের পাইপ ফাটিয়া গিয়াছে। প্রচণ্ড শীতে পাহাড়ের পাথরে একই কারণে ফাটলের সৃষ্টি হয়।

কিন্তু লোহা বা পিতল যখন তরল হইতে কঠিনে পরিণত হয় তখন উহাদের আয়তন বৃদ্ধি অনেক কাজের সুবিধা করে। ঢালাই করিবার সময় ছাঁচকে পূরাপূরি ভর্তি করিয়া ছাঁচের ভিতর গলিত ধাতু ঢালিয়া দেওয়া হয় এবং উহা যখন জমিয়া শক্ত হয় তখন আয়তনে বাড়িয়া ছাঁচকে পরিপূর্ণভাবে আঁটিয়া ধরে। ফলে ঢালাইয়ের ধারগুলি খুব সূক্ষ্ম হয় এবং অবিকল ছাঁচের আকার পায়। টাইপ করিবার হরফগুলি একই পদ্ধতিতে তৈয়ারী করা হয়।

5-5. পদার্থের গলনাঙ্ক নির্ণয় (Determination of melting point of a substance) ঃ

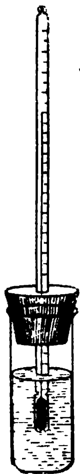
(ক) **কৈশিক নল পদ্ধতি** (Capillary tube method) ঃ

একটি সূক্ষ্মরন্ধ্রবিশিষ্ট 4 ইঞ্চি লম্বা কৈশিক নল নও। যে পদার্থের (ন্যাপ্‌থেলীন, মোম ইত্যাদি) গলনাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইবে তাহার খানিকটা গুঁড়া করিয়া নলের ভিতর ঢুকাইয়া নলের একমুখ আগুনে গলাইয়া বন্ধ কর। নলটি একটি থার্মোমিটারের সঙ্গে বাঁধ (5ক নং চিত্র)। পরে উহাকে একটি জলপূর্ণ পাত্রে এমনভাবে ডুবাও যেন কৈশিক নলের খোলামুখ জলের বাহিরে থাকে (চিত্র দেখ)। একটি বার্নারের সাহায্যে এইবার জল আস্তে আস্তে গরম কর ও আলোড়ক দ্বারা জল নাড়। উত্তপ্ত হইয়া কৈশিক নলের পদার্থ গলিতে শুরু করিবে। যে-মুহূর্তে গলন শুরু হইবে তখনকার তাপমাত্রা থার্মোমিটার হইতে পড়। সমস্ত পদার্থ গলিয়া যাইবার পর বার্নার সরাইয়া জল ঠাণ্ডা হইতে দাও। আস্তে



কৈশিক নল দ্বারা গলনাঙ্ক নির্ণয়
চিত্র 5ক

আস্তে পদার্থটি জমিতে শুরু করিবে। সেই মুহূর্তে আবার থার্মোমিটারের তাপমাত্রা দেখ। এই দুই তাপমাত্রার গড় হইল পদার্থটির গলনাঙ্ক।

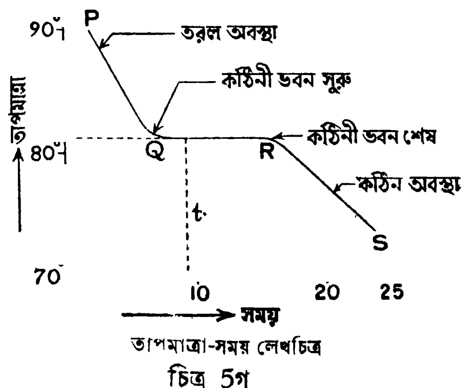


গলনাঙ্ক নির্ণয় ব্যবস্থা
চিত্র 5খ

পরীক্ষাধীন পদার্থের গলনাঙ্ক জলের স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) অর্থাৎ 100°C হইতে বেশী হইলে জল ব্যবহার করা চলিবে না। তখন এমন তরল ব্যবহার করিতে হইবে যাহার স্ফুটনাঙ্ক উক্ত পদার্থের গলনাঙ্ক হইতে বেশী। যেমন, মোম, ন্যাপথেলীন প্রভৃতির বেলাতে জল ব্যবহার করা যাইবে কিন্তু গন্ধকের বেলায় সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হইবে।

(খ) **শীতল লেখচিত্র দ্বারা** (By cooling curve) : একটি টেস্ট টিউবে পরীক্ষাধীন পদার্থের (মোম ইত্যাদি) খানিকটা লইয়া কর্ক দ্বারা মুখ বন্ধ কর। কর্কের ছিদ্র দিয়া একটি থার্মোমিটার ঢুকাও। এখন টেস্ট টিউবটি উত্তপ্ত করিয়া বস্তুটি গলাইয়া ফেল এবং গলিত বস্তুর তাপমাত্রা আরো 10°C কি 15°C বেশী কর। এইবার টেস্ট টিউবটি ঠাণ্ডা হইতে দাও এবং প্রতি আধমিনিট অন্তর থার্মোমিটার হইতে তাপমাত্রা দেখ (5খ নং চিত্র)। তাপমাত্রা ক্রমশ হ্রাস পাইবে এবং এক সময়ে আস্তে আস্তে বস্তুটি জমিয়া কঠিনে পরিণত হইতে শুরু করিবে। সেই সময় থার্মোমিটার তাপমাত্রার কোন পরিবর্তন দেখাইবে না। সমস্ত বস্তু জমিয়া গেলে তখন আবার তাপমাত্রা হ্রাস পাইতে থাকিবে। সমস্ত বস্তুটি জমিবার পরও কিছুক্ষণ তাপমাত্রা লক্ষ্য কর।

এইবার সময় ও তাপমাত্রার একটি লেখ-চিত্র আঁক। অনুভূমিক অক্ষ বরাবর সময় এবং উল্লম্ব অক্ষ বরাবর তাপমাত্রা নির্দেশ করিতে হইবে। 5গ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে লেখ-চিত্রটি ঐরূপ হইবে। লেখ-চিত্রটি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে খানিকটা অংশ (Q হইতে R) সময়ের অক্ষের (time-



তাপমাত্রা-সময় লেখচিত্র
চিত্র 5গ

axis) সহিত সমান্তরাল। ইহা হইতে বোঝা যায় যে ঐ সময় ধরিয়া বস্তুটি জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতেছিল। কারণ আমরা জানি যে কঠিনী-ভবনের সময় তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। কাজেই ঐ অংশের আনুষঙ্গিক তাপমাত্রা পদার্থটির হিমাঙ্ক অথবা গলনাঙ্কের সমান।

লেখচিত্রের PQ অংশ বস্তুর তরল অবস্থা নির্দেশ করে। Q বিন্দুতে কঠিনীভবন স্থুরু হয় এবং R বিন্দুতে সমস্ত পদার্থ কঠিনে পরিণত হয়। অতঃপর RS অংশ পদার্থের কঠিন অবস্থা নির্দেশ করে।

কয়েকটি পদার্থের গলনাঙ্কের তালিকা

পদার্থ	গলনাঙ্ক	পদার্থ	গলনাঙ্ক
তামা	1083°C	ঢালাই লোহা	1200°C
পিতল	1000°C	টিন	232°C
সোনা	1063°C	ন্যাপথেলীন	80°C
রূপা	960°C	মোম	52° – 58°C
সীসা	327°C	বরফ	0°C
টাংস্টেন	3000°C	সালফিউরিক অ্যাসিড	10·3°C

5-6. গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব (Effect of pressure on melting point) :

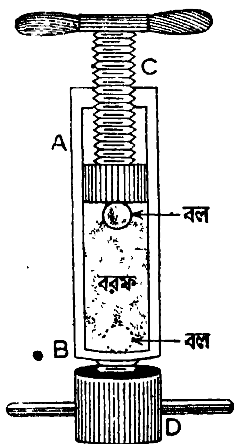
আগেই বলা হইয়াছে যে, পদার্থের গলনাঙ্ক চাপের উপর নির্ভর করে। চাপ ও গলনাঙ্কের পারস্পরিক সম্পর্ক নিম্নরূপ :

(1) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, যেমন—ঢালাই লোহা, বরফ ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি করিলে ঐ সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক কমিয়া যায় অর্থাৎ উহারা কম তাপমাত্রায় গলে। ইহার সহজ কারণ এই যে বর্ধিত চাপ পদার্থটির আয়তন সংকোচনের স্থবিধা করিয়া দেয় এবং তাহার ফলে গলনাঙ্ক কমিয়া যায়।

(2) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, যেমন—মোম ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি করিলে ঐ সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক বাড়িয়া যায় অর্থাৎ উহারা

বেশী তাপমাত্রায় গলে। ইহারও সহজ কারণ এই যে বর্ধিত চাপ পদার্থটির আয়তন বৃদ্ধির অসুবিধা করিয়া দেয় এবং তাহার ফলে গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

পরীক্ষা ঃ AB একটি শক্ত লোহার চোঙ্। এই চোঙের তলা একটি স্ক্রু-ছিপি (screw-plug) D দ্বারা আটকানো বা খোলা যাইতে পারে। C একটি হাতলসহ স্ক্রু-পিস্টন। চোঙ্টিকে অর্ধেক জলপূর্ণ কর এবং হিমমিশ্রণের সাহায্যে জলকে জমাইয়া বরফে পরিণত কর। ঐ বরফের উপর একটি ধাতব বল রাখ। এইবার চোঙ্টিকে বরফে বেষ্টিত করিয়া হাতল ঘুরাইয়া পিস্টন দ্বারা বলটির উপর চাপ প্রয়োগ কর। এখন D-স্ক্রু খুলিয়া ফেলিলে দেখা যাইবে যে ধাতব বলটি তলায় চলিয়া আসিয়াছে কিন্তু ভিতরের বরফ তেমনি জমাট অবস্থায় আছে (5ঘ নং চিত্র)। ইহা কি করিয়া হয় ?



মাউসনের পরীক্ষা ব্যবস্থা
চিত্র 5ঘ

পিস্টন দ্বারা বলের উপর চাপ প্রয়োগ করিবার ফলে বরফের গলনাঙ্ক কমিয়া যায়। অর্থাৎ, বরফ 0°C-এর কম তাপমাত্রায় গলিতে সক্ষম হয়। চতুষ্পার্শ্বস্থ তাপমাত্রা 0°C থাকার ফলে চাপ-প্রয়োগস্থলের বরফ গলিয়া জল হয় এবং ধাতব বল নীচে নামে। কিন্তু যেই চাপ কমিয়া যায় তখন বরফ গলা জল আবার জমাট বাঁধিয়া বরফে পরিণত হয়। এইভাবে ক্রমশ বল নীচে নামিবে এবং উপরের জল আবার বরফে পরিণত হইবে। এই পরীক্ষা ব্যবস্থাটি মাউসন (Mousson) উদ্ভাবন করেন।

5-7. **পুনঃশিলীভবন** (Regelation) :

দুই টুকরা বরফ একত্র করিয়া চাপ দিলে উহারা জোড়া লাগিয়া যায়, ইহা তোমরা জান। শিলাবৃষ্টির সময় কতকগুলি শিলা একত্র করিয়া চাপ দিয়া বড় গোলা তৈয়ারী তোমরা অনেকেই করিয়াছ। কেন এইরূপ হয় ?

যখন বরফ টুকরা দুইটির উপর চাপ দেওয়া হয় তখন উহাদের সংযোগস্থলের গলনাঙ্ক 0°C অপেক্ষা কমিয়া যায়। কিন্তু বরফের তাপমাত্রা 0°C, কাজেই সংযোগস্থলের তাপমাত্রা গলনাঙ্কের বেশী হওয়ায় ঐ স্থানের বরফ

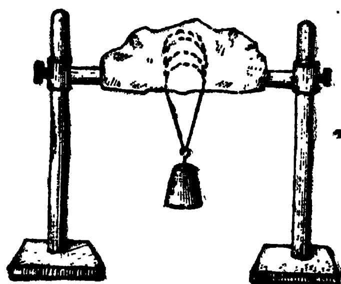
কঠিন অবস্থায় থাকিতে পারে না, গলিয়া জল হয়। যেই চাপ ছাড়িয়া দেওয়া হয় তখন সংযোগস্থলের গলনাঙ্ক আবার বাড়িয়া যায়। সুতরাং সংযোগস্থলের বরফ গলা জল জমাট বাঁধিয়া দুই টুকরাকে জোড়া লাগাইয়া দেয়।

চাপ প্রয়োগে বরফকে গলানো এবং চাপ ছাড়িয়া উহাকে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে **পুনঃশিলীভবন** (Regelation) বলা হয়।

নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে পুনঃশিলীভবন খুব সুন্দর ভাবে দেখানো যাইতে পারে।

Bottomley-র পরীক্ষা :

বরফের একটি বড় টুক্‌রা দুইটি অবলম্বনের (support) উপর রাখা আছে। একটি সরু তামার তার বরফের উপর ঝুলাইয়া উহার দুই প্রান্ত জোড়া লাগাও এবং ঐখান হইতে একটি কয়েক সেরের বাট্‌খারা ঝুলাইয়া দাও (56 নং চিত্র)। দেখা যাইবে যে কিছু সময় পর তারটি বাট্‌খারাসহ বরফ কাটিয়া বাহির হইয়া আসিল কিন্তু বরফ টুক্‌রাটি যেমন অবিভক্ত ছিল তেমনই রহিল।



Bottomley-র পরীক্ষা

চিত্র 56

ইহার কারণ এই যে তারটি সরু হওয়ায় এবং ওজন ঝুলাইয়া দেওয়ায় তারের নীচে বরফের উপর বেশ চাপ পড়ে। ফলে সেই স্থানের বরফের গলনাঙ্ক কমিয়া যায় এবং বরফ গলিয়া জল হয়। ইহার জন্য যে-তাপের প্রয়োজন হয় তাহা তার ও বায়ু সরবরাহ করে। এইজন্য চতুষ্পার্শ্বস্থ বায়ুর তাপমাত্রা খুব কম থাকিলে এই ধরনের ব্যাপার ঘটিবে না। এখন তারটি ঐ জল ভেদ করিয়া খানিকটা নীচে নামে। সঙ্গে সঙ্গে জলের চাপ কমিয়া যায় এবং উহার গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়। সুতরাং বরফ গলা জল আবার জমাট বাঁধিয়া যায়। এই ঘনীভবনের ফলে কিছু লীন-তাপ ঐ জল পরিত্যাগ করে এবং এই তাপ তামার তার দ্বারা পরিবাহিত হইয়া নীচে চলিয়া যায় ও নীচের বরফকে গলিবার জন্য সাহায্য করে। এইভাবে আস্তে আস্তে তারটি বরফ কাটিয়া

বাহির হইবে কিন্তু বরফ টুকরাটি দুইটি ভাগে ভাগ হইবে না, কারণ তারটি নীচে নামিবার সঙ্গে সঙ্গে উপরের জল জমাট বাঁধিবে।

উপরোক্ত আলোচনা হইতে ইহা সহজে বোঝা যায় যে এই পরীক্ষা সাফল্য-মণ্ডিত করিতে হইলে তারটি তাপের সুপরিবাহী এবং সরু হওয়া প্রয়োজন। এইজন্য সাধারণত সরু তামার তার লওয়া হয়। (সূতা লইলে ইহা আদৌ হইবে না কারণ সূতা মোটেই তাপ পরিবহণ করে না।)

5-8. দ্রবণের হিমাঙ্ক (Freezing point of a solution) :

যখন কোন বস্তুকে কোন তরলে দ্রবীভূত করা যায় তখন দেখা যায় দ্রবণের (solution) হিমাঙ্ক উক্ত তরলের হিমাঙ্ক অপেক্ষা কম। যেমন, লবণকে জলে দ্রবীভূত করিলে যে লবণ-গোলা জল পাওয়া যায় তাহার হিমাঙ্ক জলের হিমাঙ্ক অর্থাৎ 0°C অপেক্ষা 2°C কম।

হিমমিশ্রণ (Freezing mixtures) :

তিনভাগ গুঁড়া বরফ ও একভাগ লবণ মিশাইলে যে-মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহার তাপমাত্র −23°C. এই ধরনের মিশ্রণকে **হিমমিশ্রণ** বলে। সাধারণত কোন কঠিন পদার্থ কোন তরলে দ্রবীভূত হইলে সমগ্র মিশ্রণের তাপমাত্রা কমিয়া যায়। ইহার কারণ নিম্নরূপ।

আমরা জানি যখন কোন কঠিন পদার্থ কঠিন অবস্থা হইতে তরলে রূপান্তরিত হয় তখন উক্ত পদার্থ কিছু পরিমাণ তাপ গ্রহণ করে যাহা গলিত পদার্থে লীন (latent) অবস্থায় থাকে। কঠিন পদার্থটিকে কোন দ্রাবকে (solvent) দ্রবীভূত হইতে দিলে পদার্থ উক্ত তাপ দ্রাবক হইতে সংগ্রহ করে। ফলে সমগ্র মিশ্রণটি ঠাণ্ডা হইয়া যায় এবং তাপমাত্রা কমিয়া যায়। বরফ ও লবণ মিশাইলে, প্রতি গ্র্যাম বরফ লবণ ও বরফের গায়ে লাগানো জল হইতে 80 ক্যালরি তাপ সংগ্রহ করিয়া জলে পরিণত হইবে। সুতরাং বরফ-লবণ মিশ্রণের তাপমাত্রা যথেষ্ট কমিয়া যাইবে।

এইরূপ সমপরিমাণ জল ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট মিশ্রণের তাপমাত্রা −15°C হয়।

হিমমিশ্রণকে নানারূপ কাজে লাগানো হয়। সাধারণত পচনশীল বস্তু হিম-মিশ্রণে আবৃত করিয়া রাখিলে কিছুদিন টাটকা থাকে। এইজন্য মাছ চালান দেওয়ার সময় বরফ-লবণের হিমমিশ্রণে মাছ সংরক্ষণ করিয়া চালান দেওয়া

হয়। কুলপী-বরফ তৈরী করিতেও বরফ-লবণের হিমমিশ্রণ ব্যবহার করা হয়।

5-9. গলনের নিয়ম (Laws of fusion) :

গলন ও কঠিনীভবন সম্পর্কে যে-সমস্ত তথ্য এ-পযন্ত আলোচিত হইল উহাদিগকে কতকগুলি সূত্রের আকারে লেখা যাইতে পারে এবং এইগুলিকে সাধারণভাবে গলনের নিয়ম বলা হয়। যথা :

(1) কোন নির্দিষ্ট চাপে প্রত্যেক পদার্থ একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গলিতে শুরু করে এবং যতক্ষণ না সমস্ত পদার্থটি গলিয়া যায় ততক্ষণ পর্যন্ত তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে। ঐ তাপমাত্রাকে উক্ত পদার্থের গলনাঙ্ক বলে।

(2) গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, যেমন—ঢালাই লোহা, বরফ ইত্যাদি, চাপ বৃদ্ধি করিলে ঐ সমস্ত পদার্থের গলনাঙ্ক কমিয়া যায় এবং গলনের ফলে যে-সমস্ত পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, চাপ বাড়াইলে উহাদের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায়।

(3) দুই বা ততোধিক ধাতুর মিশ্রণে কোন সংকর ধাতুর (alloy) গলনাঙ্ক উহার উপাদান ধাতুগুলির গলনাঙ্ক অপেক্ষা কম হয়।

(4) দ্রবণের (solution) হিমাঙ্ক দ্রাবকের (solvent) হিমাঙ্ক অপেক্ষা কম।

(5) প্রত্যেক পদার্থের গলনের বা কঠিনীভবনের লীন-তাপ ধ্রুবক (constant) কিন্তু বিভিন্ন পদার্থের বেলাতে ইহা বিভিন্ন।

তরল হইতে বায়বীয় অবস্থায় রূপান্তর

5-10. বাষ্প এবং বাষ্পীভবন (Vapour and Vaporisation) :

কোন তরলের বায়বীয় অবস্থাকে উক্ত তরলের **বাষ্প** বলা হয় এবং যে-পদ্ধতিতে তরল বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে **বাষ্পীভবন** বলে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে নির্দিষ্ট পরিমাণ তরল বাষ্পে পরিণত হইতে কিছু তাপ গ্রহণ করিবে যাহা বাষ্পে লীন অবস্থায় থাকে। এই তাপকে বাষ্পীভবনের লীন-তাপ বলে।

5-11. বাষ্পীভবনের বিভিন্ন উপায় (Different ways of vaporisation) :

বাষ্পীভবন তিন রকম উপায়ে হইতে পারে। যেমন—(1) বাষ্পায়ন (evaporation), (2) স্ফুটন (boiling or ebullition), (3) ঊর্ধ্বপাতন (sublimation).

(1) **বাষ্পায়ন :**

ধীরে ধীরে তরল অবস্থা হইতে বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে বাষ্পায়ন বলে। বাষ্পায়ন তরলের উপরতল হইতে হয় এবং যে-কোন তাপমাত্রায় হইতে পারে। গরমকালে নদী, পুকুর শুকাইয়া যাওয়া, খোলা পাত্রে খানিকটা জল রাখিয়া দিলে কিছুদিন পরে তাহা উবিয়া যাওয়া, ভিজাকাপড় রৌদ্রে দিলে শুকাইয়া যাওয়া প্রভৃতি বাষ্পায়নের দরুন হয়।

(2) **স্ফুটন :**

খুব দ্রুত তরল অবস্থা হইতে বাষ্পে পরিণত হওয়ার পদ্ধতিকে স্ফুটন বলা হয়। স্ফুটন জলের বা তরলের সমস্ত অংশ হইতে সংঘটিত হয় এবং পারিপার্শ্বিক চাপের উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় শুরু হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত এই তাপমাত্রা স্থির থাকে।

(3) **ঊর্ধ্বপাতন :**

কঠিন অবস্থা হইতে সোজাসুজি বাষ্পে পরিণত হওয়াকে বলা হয় ঊর্ধ্বপাতন। ঊর্ধ্বপাতনে বস্তু তরল অবস্থায় পরিণত হয় না। কর্পূর, ন্যাপথেলীন প্রভৃতি পদার্থ সোজাসুজি সাধারণ তাপমাত্রাতেই কঠিন হইতে বাষ্পে পরিণত হয়।

5-12. বাষ্পায়ন ও স্ফুটনের পার্থক্য (Difference between evaporation and boiling) :

বাষ্পায়ন ও স্ফুটন—এই দুই পদ্ধতির ভিতর নিম্নলিখিত প্রভেদ বর্তমান :

(1) স্ফুটন অতি দ্রুত সংঘটিত হয় কিন্তু বাষ্পায়ন অতি ধীরে ধীরে হয়।

(2) স্ফুটন তরলের সমগ্র অংশ ব্যাপিয়া হয়, কিন্তু বাষ্পায়ন তরলের উপর তল হইতে হয়।

(3) স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে স্ফুটন এক নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় শুরু হয় কিন্তু বাষ্পায়ন সকল তাপমাত্রাতেই হইয়া থাকে।

5-13. বাষ্পায়নের হার পরিবর্তনের কারণ (Factors influencing rate of evaporation) :

নিম্নলিখিত কারণগুলির জন্য বাষ্পায়নের হার পরিবর্তিত হয়।

(1) **বায়ুর শুষ্কতা :**

বায়ু যত শুষ্ক হইবে অর্থাৎ জলীয়-বাষ্পের পরিমাণ কম থাকিবে, বাষ্পায়ন তত দ্রুত হইবে। এই কারণে বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় দ্রুত শুকাইতে দেখা যায়।

(2) **বায়ুমণ্ডলের চাপ :**

বায়ুমণ্ডলের চাপ বৃদ্ধির সঙ্গে বাষ্পায়নের হার হ্রাস পায়। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে সম্পূর্ণ বায়ু-শূন্য স্থানে (যেখানে চাপ শূন্য) বাষ্পায়ন অতি দ্রুত সংঘটিত হয়।

(3) **তরল ও তরল-সংলগ্ন বায়ুর তাপমাত্রা :**

তরল ও তরল-সংলগ্ন বায়ুর তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাইলে বাষ্পায়নের হারও বৃদ্ধি পায়। তাই গ্রীষ্মকালে পুকুর, ডোবা প্রভৃতি জলাশয়ের জল দ্রুত শুকাইয়া যায়।

(4) **তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল :**

তরলের উপরিতলের ক্ষেত্রফল যত বেশী বিস্তৃত হয় বাষ্পায়নও তত দ্রুত হয়। এই কারণে কাপ হইতে চা ডিশে ঢালিলে চা দ্রুত ঠাণ্ডা হয়।

(5) **তরলের প্রকৃতি :**

তরল যত উদ্বায়ী (volatile) হইবে অর্থাৎ স্ফুটনাঙ্ক যত কম হইবে, উক্ত তরল হইতে বাষ্পায়নও তত দ্রুত হইবে। তাই স্পিরিট, ইথার, অ্যালকোহল, পেট্রল প্রভৃতি দ্রুত বাষ্পীভূত হয়।

(6) **বায়ু চলাচল :**

তরলের উপর দিয়া যত বায়ু চলাচল হইবে তরল তত শীঘ্র বাষ্পীভূত হইবে। এইজন্য হাওয়া দিলে ভিজা কাপড় বা উষ্ণ তরল তাড়াতাড়ি শুকায় বা ঠাণ্ডা হইয়া যায়।

5-14. বাষ্পায়নে শৈত্যের উৎপত্তি (Cold caused by evaporation) :

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোন তরল বাষ্পে পরিণত হইতে গেলে কিছু লীন-তাপ গ্রহণ করে। বাহির হইতে এই তাপ প্রদান না করিলে, তরল নিজ দেহ

হইতে অথবা পরিপার্শ্ব হইতে তাপ সংগ্রহ করিয়া আস্তে আস্তে বাষ্পে পরিণত হইবে। সুতরাং তরল অথবা পরিপার্শ্ব ইহার ফলে শীতল হয়। নিম্নলিখিত কতকগুলি উদাহরণ হইতে ইহা স্পষ্ট বোঝা যাইবে।

(1) হাতে কয়েক ফোঁটা স্পিরিট ফেলিলে হাত খুব ঠাণ্ডা মনে হয়। ইহার কারণ স্পিরিট উদ্বায়ী বলিয়া খুব দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয় এবং ইহার জন্য প্রয়োজনীয় তাপ হাত হইতে সংগ্রহ করে। ফলে হাত খুব শীতল হয়। একই কারণে জ্বর হইলে কপালে ওডিকোলনের পটি বা জলপটি দেওয়া হয়। জলপটি হইতে জল বাষ্পীভূত হইবার সময় দেহ হইতে তাপ লয় এবং ইহাতে জ্বর কমিয়া যায়।

(2) গাত্র হইতে যখন ঘাম বাহির হয় তখন পাখার হাওয়া দিলে দেহ শীতল হয়। কারণ হাওয়া দিলে ঘাম বাষ্পে পরিণত হইতে সুবিধা পায় এবং দেহ হইতে প্রয়োজনীয় লীন-তাপ সংগ্রহ করিয়া দ্রুত বাষ্পে পরিণত হয়। ফলে দেহ ঠাণ্ডা হয়।

(3) গরমের দিনে পানীয় জল ঠাণ্ডা করিবার জন্য জল মাটির কুঁজায় রাখা হয়। কুঁজা মাটির তৈয়ারী বলিয়া ইহার গায়ে অসংখ্য ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্র দিয়া সর্বদা জল চোঁয়াইয়া বাহিরে আসে এবং বাষ্পে পরিণত হয়। ইহার জন্য প্রয়োজনীয় লীন-তাপ কুঁজার গাত্র সরবরাহ করে এবং কুঁজা ঠাণ্ডা হইয়া যায়। সুতরাং কুঁজার অভ্যন্তরস্থ জলও ঠাণ্ডা হইয়া যায়। কিন্তু কাচের পাত্র বা কাঁসার পাত্রে জল রাখিলে জল তত ঠাণ্ডা হয় না। কারণ ঐ পাত্রের গায়ে ছিদ্র থাকে না এবং জলের বাষ্পায়নের কোন সুবিধা থাকে না। পাত্রের মুখ হইতে যেটুকু বাষ্পীভূত হইবার তাহাই হয়। সেইজন্য জল তেমন ঠাণ্ডা হইতে পারে না।

(4) গরমের দিনে ঘরের জানালায় 'খস্‌খস্‌' ঝুলাইয়া তাহাতে জল ছিটাইয়া ঘর ঠাণ্ডা রাখা হয়। ইহার কারণ এই যে খস্‌খসের জল খস্‌খস্‌ হইতে লীন-তাপ সংগ্রহ করিয়া বাষ্পে পরিণত হয়। ফলে খস্‌খস্‌ ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। সুতরাং খস্‌খসের ভিতর দিয়া ঘরে যে-হাওয়া আসে তাহাও ঠাণ্ডা হয়।

(5) ভিজা জামা-কাপড় গায়ে শুকাইলে সর্দি লাগে। এইজন্য ভিজা জামা-কাপড় গায়ে দিয়া থাকিতে নাই। জামা-কাপড়ের জল গা হইতে তাপ লইয়া বাষ্পীভূত হয়। তাহাতে গা হঠাৎ শীতল হইয়া পড়ে। তখন ঠাণ্ডা লাগিয়া সর্দি হইবার সম্ভাবনা দেখা দেয়।

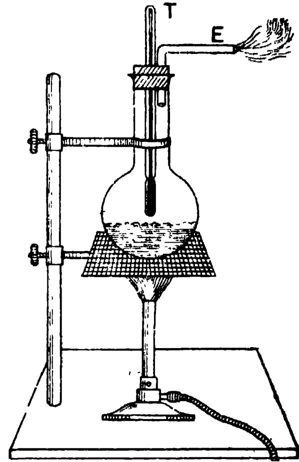
বাষ্পায়নে যে শৈত্যের উৎপত্তি হয় তাহাকে প্রয়োগ করিয়া বরফ-কল তৈয়ারী হইয়াছে। এই কলে তরল অ্যামোনিয়াকে বাষ্পায়নের সুযোগ দিয়া শৈত্য সঞ্চার করা হয় এবং এই শৈত্যের ফলে জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়।

রেফ্রিজারেটারও উপরোক্ত প্রক্রিয়া অনুসারে কাজ করে। রেফ্রিজারেটারের অভ্যন্তর খুব শীতল বলিয়া উহার ভিতর মাংস, ডিম, ফল প্রভৃতি পচনশীল দ্রব্যাদি বহুদিন অবিকৃতভাবে রাখা যায়।

5-15. **তরলের স্ফুটন** (Boiling of a liquid) :

কিভাবে তরলের স্ফুটন সংঘটিত হয় এবং কি অবস্থায় বলা যাইতে পারে যে তরলের স্ফুটন হইতেছে তাহা নিম্নলিখিত পরীক্ষা হইতে সুন্দররূপে বোঝা যাইবে।

পরীক্ষা : একটি কাচের ফ্লাস্ক লইয়া উহাতে কিছু জল ঢাল। ফ্লাস্কের মুখ একটি রবারের ছিপি দিয়া বন্ধ কর। ছিপির একটি ছিদ্র দিয়া একটি থার্মোমিটার (T) এবং আর একটি ছিদ্র দিয়া একটি বাকানো কাচনল (E) ঢুকাও। দেখিও যেন থার্মোমিটারের কুণ্ডটি জলের একটু উপরে থাকে (চিত্র 5চ)। ফ্লাস্কটি চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ অবলম্বনের (support) সহিত আটকাও এবং তলায় একটি তারের জাল রাখ। অতঃপর বার্নারের সাহায্যে ফ্লাস্ককে আস্তে আস্তে উত্তপ্ত কর।



তরলের স্ফুটন

চিত্র 5চ

প্রথম প্রথম জল একটু উত্তপ্ত হইলে দেখিবে যে জলের উপর তল হইতে কিছু কিছু বাষ্প উঠিতেছে এবং জলে দ্রবীভূত বায়ু বুদ্‌বুদের আকারে জল হইতে বাহির হইয়া পাত্রের গায়ে জমিতেছে। থার্মোমিটারের দিকে লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে তাপমাত্রা ক্রমশ বাড়িতেছে। যখন পারদ প্রায় 70°/80°C দাগ স্পর্শ করিবে তখন ফ্লাস্কের তলায় জলীয়-বাষ্পের বুদ্‌বুদ্ গঠিত হইতে দেখা যাইবে। এই বুদ্‌বুদগুলি উপরে উঠিয়া অপেক্ষাকৃত শীতল জলের সংস্পর্শে

আসিয়া ভাঙ্গিয়া যাইবে। এই সময় একটা শোঁ শোঁ শব্দ (simmering sound) শোনা যাইবে। অবশেষে যখন তাপমাত্রা 98°/99°C কাছাকাছি হইবে তখন বুদ্‌বুদ্‌গুলি তলা হইতে উপরে আসিয়া ফাটিয়া পড়িবে এবং সমগ্র তরল পদার্থে একটা আলোড়নের সৃষ্টি হইবে। তখন E কাচনল দিয়া প্রচুর স্টীম বাহির হইতে থাকিবে এবং থার্মোমিটারে তাপমাত্রা স্থির হইবে। তখন বলা যাইবে যে জলের স্ফুটন হইতেছে। স্ফুটনকালে তরলের তাপমাত্রা স্থির থাকিবে।

যে-তাপমাত্রায় কোন তরলের স্ফুটন হয় তাহাকে উক্ত তরলের স্ফুটনাঙ্ক (boiling point) **বলা হয়।** যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত ঐ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে কিন্তু পারিপার্শ্বিক বায়ুমণ্ডলের চাপের উপর ঐ তাপমাত্রা নির্ভরশীল।

প্রত্যেক তরলেরই একটি স্বাভাবিক (normal) স্ফুটনাঙ্ক আছে অর্থাৎ স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে যে-তাপমাত্রায় তরলের স্ফুটন হয় তাহাকেই স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক বলে। যেমন, স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে জলের 100°C তাপমাত্রাতে স্ফুটন হয়। সুতরাং 100°C জলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক।

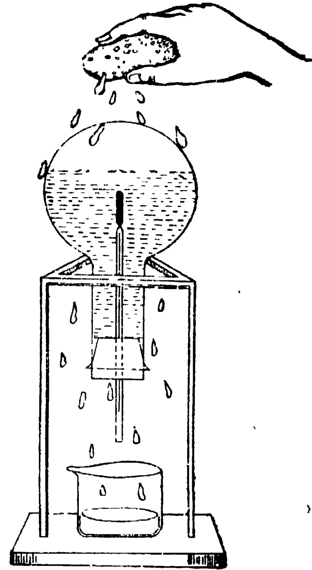
100°C তাপমাত্রার জল এবং ঐ জল হইতে উত্থিত স্টীমের ভিতর অন্তর্নিহিত তাপ (heat content) সম্পর্কে তফাৎ আছে। উভয়ের তাপমাত্রা 100°C হইলেও প্রতি গ্র্যাম জল অপেক্ষা প্রতি গ্র্যাম স্টীমে 537 calorie তাপ বেশী আছে। জলকে 100°C তাপমাত্রাতে উত্তপ্ত করিলেই স্টীম নির্গত হইবে না। প্রতি গ্র্যাম জলে আরো 537 calorie তাপ সরবরাহ করিলে তবে জল হইতে স্টীম নির্গত হইবে। অন্তর্নিহিত তাপের পার্থক্য হেতু 100°C তাপমাত্রার জলে হাত যেরূপ পুড়িবে স্টীমের সংস্পর্শে হাত অনেক বেশী পুড়িয়া যাইবে।

5-17. স্ফুটনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব (Effects of pressure on boiling point) :

পূর্বেই বলা হইয়াছে যে কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক তরলের উপরিস্থ তলে যে চাপ পড়িতেছে তাহার উপর নির্ভরশীল। **চাপ কমাইলে তরলের স্ফুটনাঙ্ক কমিয়া যায় অর্থাৎ, তরল কম তাপমাত্রায় ফোটে এবং চাপ বাড়াইলে স্ফুটনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় অর্থাৎ তরল বেশী তাপমাত্রায় ফোটে।** নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষাদ্বারা ইহা সুন্দরভাবে দেখানো যাইতে পারে।

(1) **চাপ-হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস ; Franklin-এর পরীক্ষা ঃ**

একটি গোল তলাযুক্ত কাচের পাত্র অর্ধেক জলভর্তি করিয়া জল ফুটাও। জলের বাষ্প পাত্র হইতে সমস্ত বায়ুকে বাহির করিয়া দিবে। এইবার একটি কর্ক দিয়া পাত্রের মুখ বন্ধ কর এবং কর্কের ফুটা দিয়া একটি থার্মোমিটার ঢুকাও। পাত্রটিকে গরম করা বন্ধ কর এবং 5ছ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐ রকম উল্টা করিয়া বসাও। জলের উপরের জায়গা জলীয় বাষ্প দ্বারা পূর্ণ থাকিবে। আগুন সরাইয়া লইবার ফলে জলের স্ফুটন বন্ধ হইবে। এইবার পাত্রের উপর ঠাণ্ডা জল ঢাল। দেখিবে জল পুনরায় ফুটিতে শুরু করিয়াছে অথচ থার্মোমিটারে তাপমাত্রা 100°C হইতে কয়েক ডিগ্রী কম। এইরূপ হইবার কারণ কি ?



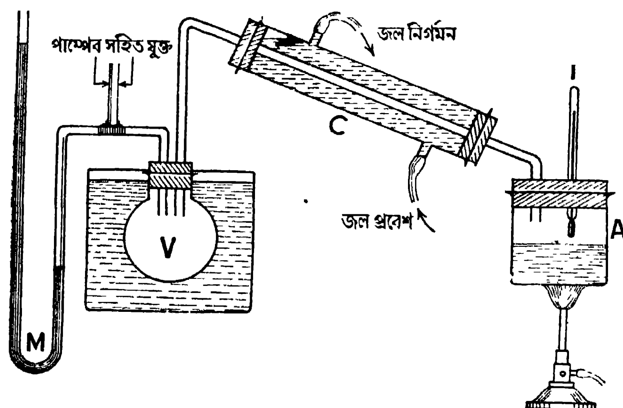
চাপ-হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস : Franklinএর পরীক্ষা
চিত্র 5ছ

ঠাণ্ডা জল ঢালার দরুন পাত্রের অভ্যন্তরস্থ জলীয় বাষ্পের খানিকটা তরলে পরিণত হয়। ফলে তরলের উপরের চাপ অনেক হ্রাস পায় এবং সঙ্গে সঙ্গে স্ফুটনাঙ্কও হ্রাস পায়। জলের তাপমাত্রা আনুষঙ্গিক স্ফুটনাঙ্কের বেশী থাকায় ঐ কম তাপমাত্রাতেই পুনরায় জল ফুটিতে শুরু করে। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে প্রমাণ হয় যে চাপ-হ্রাসে স্ফুটনাঙ্কের হ্রাস হয়।

(2) **চাপ-বৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্কের বৃদ্ধি ; Regnault-এর পরীক্ষা ঃ**

এই পরীক্ষার প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা 5জ নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল। V একটি বায়ুপূর্ণ তামার বর্তুলাকার পাত্র। ইহার সহিত একটি সরু নল দ্বারা বায়ুনিরুদ্ধ তামার স্ফুটন-পাত্র (boiler) A সংযুক্ত। ঐ নলকে ঠাণ্ডা রাখিবার জন্য উহার গায়ে আর একটি জলের মোটা পাইপ C লাগানো আছে। এই ব্যবস্থাকে শীতক (condenser) বলে। উহার একমুখ দিয়া ঠাণ্ডা জল প্রবেশ করে এবং অন্যমুখ দিয়া বাহির হইয়া যায়। A স্ফুটন-পাত্রে পরীক্ষাধীন তরল লইয়া উহার

ভিতর একটি থার্মোমিটার T এমনভাবে ঢুকানো থাকে যে থার্মোমিটার তরলের খানিকটা উপরে থাকে। V-পাত্রটি একটি জলগাহের (water-bath) মধ্যে রাখা হয় যাহাতে উহার তাপমাত্রার তারতম্য না ঘটে। এই V-পাত্রেব সহিত



চাপবৃদ্ধিতে স্ফুটনাঙ্কের বৃদ্ধি : Regnault-এব পবীক্ষা ব্যবস্থা

চিত্র 5জ

একটি বায়ুসংনমন পাম্প ও একটি ম্যানোমিটার M যুক্ত থাকে। পাম্প দ্বারা V-পাত্রের বায়ুর চাপ বৃদ্ধি করা যায় এবং ম্যানোমিটার দ্বারা ঐ চাপ পরিমাপ করা হয়।

কার্যপ্রণালী :

প্রথমত V-পাত্রের বায়ুর চাপ বাহিরের বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান করিয়া A-পাত্র গরম কর। পাত্রের তরল বাষ্প হইয়া C শীতক বেষ্টিত সরু নলে প্রবেশ করিবে কিন্তু শীতক দ্বারা ঠাণ্ডা হইয়া পুনরায় তরল অবস্থায় A-পাত্রে ফিরিয়া আসিবে। ইহার ফলে তরলের উপর চাপের কোন তারতম্য হইবে না—ইহা বায়ুমণ্ডলের চাপের সমানই থাকিবে। ক্রমাগত তাপ প্রদান করাতে এক সময় স্ফুটনপাত্রের তরল ফুটিতে শুরু করিবে। তখন থার্মোমিটার একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রা দেখাইবে। ইহাই তরলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক।

এইবার পাম্প চালাইয়া V-পাত্রের বায়ুর চাপ বৃদ্ধি কর যাহাতে ইহা বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়াইয়া যায়। ইহার ফলে তরলের উপরের চাপও বায়ুমণ্ডলের চাপকে ছাড়াইয়া যাইবে। এইবার স্ফুটনপাত্রে তাপ প্রয়োগ কর। দেখিবে যে যখন তরল ফুটিতে আরম্ভ করিবে তখন থার্মোমিটারে তাপমাত্রা

পূর্বের স্ফুটনাঙ্ক হইতে অনেক বেশী। এইভাবে V-পাত্রের বায়ু-চাপ ক্রমশ বৃদ্ধি করিলে তরলের স্ফুটনাঙ্কও ক্রমশ বৃদ্ধি পাইবে।

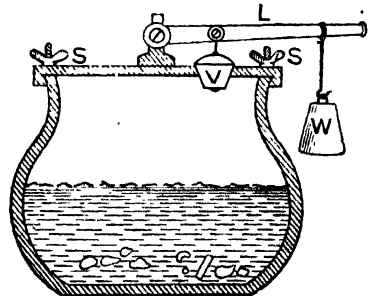
চাপহ্রাসে স্ফুটনাঙ্ক হ্রাস পায়—ইহাও এই পরীক্ষা দ্বারা দেখানো যাইতে পারে। ইহার জন্য V-পাত্রের সহিত বায়ু-নিষ্কাশক পাম্প (exhaust pump) লাগাইয়া পাত্র হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইতে হইবে। ইহাতে স্ফুটনপাত্রের তরলের উপরিস্থ চাপ হ্রাস পাইবে এবং দেখা যাইবে যে তরল অনেক কম তাপমাত্রায় ফুটিতেছে।

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে প্রত্যেক 27 mm. বায়ুর চাপ বৃদ্ধি বা হ্রাসের ফলে জলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক (100°C) 1°C করিয়া বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।

পাহাড়ের উপর বায়ু-চাপ কম থাকায় জলের স্ফুটনাঙ্ক কমিয়া যায়—অর্থাৎ কম তাপমাত্রায় জল ফুটিতে পারে। হিসাব করিয়া দেখা গিয়াছে এভারেস্ট গিরিশৃঙ্গে (উচ্চতা 29,000 ft) জল মাত্র 70°C তাপমাত্রাতে ফুটিতে সুরু করিবে। যদি মানুষ 65,000 ft উঁচুতে উঠিতে পারে তবে মানুষের দেহের জল ফুটিতে সুরু করিবে কারণ ঐ উচ্চতায় জল মাত্র 37°C তাপমাত্রায় ফুটিবে। দার্জিলিং পাহাড়ে (উচ্চতা প্রায় 7000 ft.) জলের স্ফুটনাঙ্ক প্রায় 90°C.

পাহাড়ে জলের স্ফুটনাঙ্ক কম বলিয়া মাংস, ডিম প্রভৃতি সুসিদ্ধ হয় না। মাংস, ডিম প্রভৃতি সুসিদ্ধ হইবার জন্য যে-তাপের প্রয়োজন, জল কম তাপমাত্রায় ফুটিবার জন্য ঐ তাপ সরবরাহ করিতে পারে না। এই খাদ্যদ্রব্যগুলি রন্ধনের জন্য পাহাড়ের উপর pressure-cooker নামক এক প্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হয়। এই যন্ত্রে কৃত্রিম উপায়ে চাপ বৃদ্ধি করিয়া জলকে 100°C-এ ফুটানো হয়।

5ঝ নং চিত্রে একটি ঐরূপ কুকার দেখানো হইয়াছে। ইহা একটি ধাতুনির্মিত মোটা দেওয়ালের পাত্র। দুইটি স্ক্রু S এবং S দ্বারা একটি ঢাকনীকে পাত্রের মুখে বায়ু-নিরুদ্ধভাবে আটকানো যায়। ঢাকনীতে একটি ছিদ্র আছে এবং ঐ ছিদ্রের মুখ একটি ভাল্‌ভ V বন্ধ করিয়া রাখে। একটি লিভার দণ্ড L এবং ওজন W-এর সহায়তায় ভাল্‌ভকে ছিদ্রমুখে আটকাইয়া রাখা হয়। ওজনটিকে লিভার-দণ্ডের বিভিন্ন স্থানে রাখিলে ভাল্‌ভটি বিভিন্ন চাপে ছিদ্র বন্ধ করিবে এবং তাহার ফলে কুকারের অভ্যন্তরস্থ স্টীমের চাপ



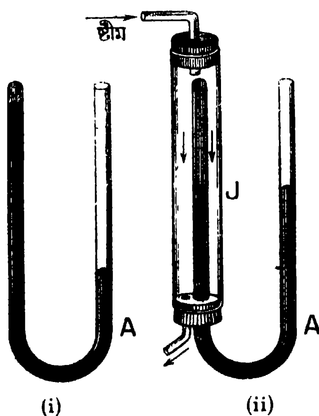
Pressure-Cooker
চিত্র 5ঝ

বিভিন্ন হইবে। যদি স্টীমের চাপ একটু বেশী হইয়া পড়ে তাহা হইলে ভাল্‌ভটি খুলিয়া যাইবে এবং অতিরিক্ত চাপ লাঘব হইবে। ইহাতে পাত্রের ভাঙ্গিবার ভয় থাকে না। ওজন W-কে বিভিন্ন স্থানে রাখিয়া স্টীমের চাপ বিভিন্ন করা যাইতে পারে এবং তাহাতে কুকারের জলকে প্রয়োজন মত 100°C অথবা তাহার বেশী তাপমাত্রাতে ফুটানো যাইতে পারে। এই ধরনের কুকারে দশ মিনিট সময়ে মাংস সুসিদ্ধ করা যায়। এই কুকারকে Pepin's digester এই নামেও অভিহিত করা হয়।

তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে বাড়ীতে ভাত বা মাংস রান্না করিবার সময় হাড়িতে ঢাকনা চাপা দেওয়া হয়। ইহার কারণ স্টীমের চাপ বৃদ্ধি করা। তাহাতে ভাত বা মাংস সুসিদ্ধ হয়।

5-18. তরলের স্ফুটন হইলে ঐ তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয় (The vapour pressure of a liquid at its boiling point is equal to the atmospheric pressure):

নিম্নলিখিত পরীক্ষাদ্বারা উপরের উক্তির সত্যতা প্রমাণ করা যাইবে। A একটি U-অক্ষরের ন্যায় বাঁকানো কাচনল। ইহার একমুখ বন্ধ এবং একমুখ খোলা। ইহার প্রত্যেকটি বাহু প্রায় এক ফুট লম্বা। এই নলটির খোলামুখ দিয়া শুষ্ক ও পরিষ্কার পারদ ঢাল। পারদ দুই বাহুতেই প্রবেশ করিবে। এইভাবে পারদ ঢালিতে থাক যতক্ষণ পর্যন্ত না নলের খোলা মুখের দিকে আধ ইঞ্চি পরিমাণ স্থান খালি থাকে। এইবার ঐ স্থান জল দিয়া ভর্তি কর। এই জল পাতিত জল (distilled water) হইলে ভাল হয় এবং পূর্ব হইতে ফুটাইয়া দ্রবীভূত বায়ু বহিষ্কৃত করিয়া নিলে আরো ভাল হয়। এখন খোলামুখ আঙ্গুল দিয়া চাপিয়া নলটিকে উল্টাইলে জল পারদ ঠেলিয়া উপরে উঠিবে এবং নলের বাঁক পার হইয়া বদ্ধ বাহুতে পারদের উপরে আসিয়া জমা হইবে। এখন একটি সরু কাঠি খোলা মুখ দিয়া ঢুকাইয়া খোলাবাহু হইতে আস্তে আস্তে পারদ বাহির করিয়া লও যাহাতে খোলাবাহুর পারদশীর্ষ বদ্ধ-



তরলের স্ফুটন হইলে তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়
চিত্র 5ঞ

বাহুর পারদশীর্ষ অপেক্ষা নীচে থাকে [চিত্র 5ঞ (i)]। এখন A-নলটি উপরোক্ত পরীক্ষার জন্য তৈয়ারী হইল। এইবার নলটির বদ্ধবাহু আর একটি মোটা কাচ-নল J দ্বারা ঘিরিতে হইবে [চিত্র 5ঞ (ii)]। ইহাকে জ্যাকেট বলা হয়। ইহার দুই মুখই কর্ক দ্বারা শক্ত করিয়া আটকানো। উপরের কর্কের ছিদ্র দিয়া একটি ছোট বাঁকানো নলের সাহায্যে জ্যাকেটের ভিতর স্টীম প্রবেশ করিতে পারে এবং তলার কর্কের ছিদ্র দিয়া আর একটি নলের সাহায্যে বাহির হইয়া যাইতে পারে। তলার কর্কটি A-নলটিকে খাড়াভাবে ধরিয়া রাখিতেও সাহায্য করে। এখন বয়লার (চিত্রে দেখানো হয় নাই) হইতে স্টীম জ্যাকেটে পাঠাইলে দেখা যাইবে যে A-নলের দুই বাহুতে পারদস্তম্ভের উচ্চতার পার্থক্য আস্তে আস্তে কমিয়া আসিতেছে। কিছুক্ষণ পরে দুই বাহুতেই পারদস্তম্ভ একই উচ্চতায় আসিবে [চিত্র 5ঞ (ii)]। বদ্ধবাহুতে পারদশীর্ষে যে চাপ পড়িতেছে তাহা পারদ-স্তম্ভের উপরিস্থ জলীয় বাষ্পের চাপ এবং উহার তাপমাত্রা স্টীমের তাপমাত্রার সমান। খোলাবাহুতে পারদশীর্ষে বায়ুমণ্ডলের চাপ পড়িতেছে। পারদস্তম্ভদ্বয় সমান উচ্চতায় থাকার দরুন জলীয়-বাষ্পের চাপ এবং বায়ুমণ্ডলের চাপ সমান। সুতরাং বলা যায় যে জলের স্ফুটনাঙ্কে জলীয় বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান। এই ঘটনা শুধু জলের বেলাতে নয়—যে-কোন তরলের বেলাতেই হইবে।

5-19. তরলের স্ফুটনাঙ্কের উপর প্রভাবকারী উপাদান (Factors influencing the boiling point of a liquid) :

নিম্নলিখিত উপাদানগুলি যে-কোন তরলের স্ফুটনাঙ্কের উপর প্রভাব বিস্তার করিবে।

(1) **তরলের উপরিস্থ চাপ:** যে-চাপের অধীনে তরলকে ফুটিতে দেওয়া হইবে ঐ তরলের স্ফুটনাঙ্ক ঐ চাপের উপর নির্ভর করে। চাপ বাড়িলে স্ফুটনাঙ্ক বাড়ে এবং চাপ কমিলে স্ফুটনাঙ্ক কমে। পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে প্রতি 27 mm বায়ু-চাপ হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে জলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক (100°C) 1°C করিয়া হ্রাস-বৃদ্ধি পায়।

(2) **তরলে দ্রবীভূত অবস্থায় অপদ্রব্যের** (impurities) **অবস্থান:** তরলে অপদ্রব্য দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে ঐ তরলের স্ফুটনাঙ্ক বিশুদ্ধ তরল অপেক্ষা বেশী হয়। যেমন, বিশুদ্ধ জলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক 100°C ; কিন্তু

জলে সাধারণ লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে ঐ জলের স্ফুটনাঙ্ক প্রায় 9°C বাড়িয়া যায়। এই কারণে কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করিতে গেলে থার্মোমিটার কুণ্ড কখনও তরলে নিমজ্জিত করিতে নাই। তরল হইতে উদ্ভূত বাষ্পের সংস্পর্শে রাখিতে হয়।

(3) **স্ফুটন পাত্রের উপাদান:** পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক স্ফুটনপাত্রের উপাদান এবং পরিষ্কার পরিচ্ছন্নতার দ্বারা কিছু পরিমাণে প্রভাবান্বিত হয়। যেমন, তামা এবং কাচপাত্রে জল ফুটাইলে কাচপাত্রের বেলাতে স্ফুটনাঙ্ক সামান্য বেশী হয়। ঐ কাচপাত্র পরিষ্কার থাকিলে স্ফুটনাঙ্ক আরও বাড়িয়া যায়।

5-20. স্ফুটনের নিয়ম (Laws of ebullition):

তরলের স্ফুটন সম্পর্কে যে-সমস্ত তথ্য এ-পর্যন্ত আলোচিত হইল উহাদিগকে কতকগুলি সূত্রের আকারে লেখা যাইতে পারে এবং এইগুলিকে সাধারণভাবে স্ফুটনের নিয়ম বলা হয়। যথা:

(1) প্রত্যেক তরলেরই একটি স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক আছে অর্থাৎ স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলের চাপে যে-তাপমাত্রায় তরলের স্ফুটন হয় তাহাকেই স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্ক বলে। যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল বাষ্পে পরিণত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত ঐ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে।

(2) যে-চাপের অধীনে তরলকে ফুটিতে দেওয়া হয় উহার হ্রাস-বৃদ্ধিতে তরলের স্ফুটনাঙ্ক হ্রাস-বৃদ্ধি পায়।

(3) দ্রবণের স্ফুটনাঙ্ক বিশুদ্ধ দ্রাবকের স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষা সর্বদা বেশী হয়।

কয়েকটি তরলের স্বাভাবিক স্ফুটনাঙ্কের তালিকা

তরল	স্ফুটনাঙ্ক	তরল	স্ফুটনাঙ্ক
পরিস্রুত জল	100°C	তার্পিন তেল	159°C
সালফিউরিক অ্যাসিড	325°C	অ্যাল্কোহল	78·3°C
কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড	76·7°C	গ্লিসারিন	280°C
		ইথার	35°C

সারাংশ

গলন ও কঠিনীভবন : কোন কঠিন পদার্থে তাপপ্রয়োগ করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে কঠিন পদার্থ গলিতে শুরু করে এবং তখন তাপপ্রয়োগ সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত পদার্থ গলিয়া তরলে পরিণত হয়। ইহাকে পদার্থের গলন এবং উক্ত তাপমাত্রাকে পদার্থের গলনাঙ্ক বলা হয়।

তেমনি কোন তরল পদার্থ হইতে তাপ নিষ্কাশন করিলে প্রথমত উহার তাপমাত্রা হ্রাস পায়। কিন্তু একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় পৌঁছিলে তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হইতে শুরু করে এবং তখন তাপ নিষ্কাশন সত্ত্বেও তাপমাত্রার আর কোন পরিবর্তন হয় না যতক্ষণ পর্যন্ত না সমস্ত তরল জমিয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। ইহাকে কঠিনীভবন এবং উক্ত তাপমাত্রাকে তরলের হিমাঙ্ক বলা হয়।

সাধারণত কঠিন পদার্থ তরলে পরিণত হইলে আয়তনের প্রসারণ হয় এবং তরল পদার্থ কঠিনে পরিণত হইলে আয়তনের সংকোচন হয়। কিন্তু জল, ঢালাই লোহা, পিতল প্রভৃতি কয়েকটি পদার্থ ইহার ব্যতিক্রম।

গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব :

(1) গলনের ফলে যে-সব পদার্থের আয়তন হ্রাস পায়, চাপ বৃদ্ধি করিলে উহাদের গলনাঙ্ক কমিয়া যায়।

(2) গলনের ফলে যে-সব পদার্থের আয়তন বৃদ্ধি পায়, চাপ বাড়াইলে উহাদের গলনাঙ্ক বাড়িয়া যায়।

পুনঃশিলীভবন :

চাপ প্রয়োগে বরফকে গলানো এবং চাপ ছাড়িয়া উহাকে আবার কঠিন অবস্থায় আনাকে পুনঃশিলীভবন বলে। Bottomley-র পরীক্ষা দ্বারা পরীক্ষাগারে পুনঃশিলীভবন সুন্দরভাবে দেখানো যাইতে পারে।

বাষ্প ও বাষ্পীভবন :

কোন তরলের বায়বীয় অবস্থাকে উক্ত তরলের বাষ্প বলা হয় এবং যে-পদ্ধতিতে তরল বাষ্পে পরিণত হয় তাহাকে বাষ্পীভবন বলে। বাষ্পীভবন তিন রকমে হইতে পারে : (1) বাষ্পায়ন (2) স্ফুটন ও (3) ঊর্ধ্বপাতন।

বাষ্পায়নের ফলে শৈত্যের সঞ্চার হয় এবং ইহাকে প্রয়োগ করিয়া বরফকল ও রেফ্রিজারেটার তৈয়ারী হয়।

তরলের স্ফুটন হইলে ঐ তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

প্রশ্নাবলী

1. পদার্থের গলন ও কঠিনীভবন কাহাকে বলে ? প্ল্যাটিনামের গলনাঙ্ক 1755°C বলিতে কি বুঝায় ? পদার্থের গলনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক কি সমান ?

[What are melting and solidification of a substance ? What is meant by saying that the melting point of platinum is 1755°C ? Are melting point and freezing point of a substance identical ?]

2. মোমের গলনাঙ্ক নির্ণয় করিবে কিরূপে ?

[How would you determine the melting point of paraffin ?] [*H. S. Exam. 1961*]

3. গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব কি ? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[What is the effect of pressure on melting point ? Explain with illustrations.]

4. পুনঃশিলীভবন কাহাকে বলে ? পরীক্ষাগারে উহা দেখাইবার প্রণালী বর্ণনা কর।

[What is regelation ? Describe a method to demonstrate it in the laboratory.]

5. বাষ্পায়ন ও স্ফুটন কাহাকে বলে ? উহাদের মধ্যে পার্থক্য কি ?

[What are evaporation and boiling ? What is the difference between them ?] [*H. S. (Comp.) 1961*]

6. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—(ক) গরমকালে পাখার হাওয়ায় আরাম বোধ হয় কেন ? (খ) মাটির কুঁজায় জল রাখিলে জল ঠাণ্ডা হয় কিন্তু ধাতবপাত্রে রাখিলে হয় না কেন ? (গ) ভিজা কাপড় গায়ে শুকানো ঠিক নয় কেন ? (ঘ) গরমকালে জানালায় খস্খস্ টানানো হয় কেন ? (ঙ) দুই টুকরা বরফকে এক সঙ্গে করিয়া চাপ দিলে জোড়া লাগে কেন ? (চ) কোন বস্তুকে ঠাণ্ডা করিতে 0°C-এর জল অপেক্ষা 0°C এর বরফ বেশী কার্যকর কেন ? (ছ) 100°C তাপমাত্রার জলের সংস্পর্শে হাত যেরূপ দগ্ধ হয়, স্টীমের সংস্পর্শে বেশী দগ্ধ হয় কেন ? (জ) কোন তরলের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয়ে থার্মোমিটার কুণ্ড তরলের সংস্পর্শে রাখা হয় না কেন ?

[Answer the following questions :—(a) Why does a fan give a feeling of comfort during hot weather ? (b) Why does water become colder when kept in an earthenware vessel than in a metal vessel in hot weather ? (c) Why is it unwise to sit in a draught with wet clothes on ? (d) Why *khas-khas* is used on windows in summer ? [*H S. (Com) 1962.*] (e) Two blocks of ice when pressed together form a single mass. Why ? [*H. S. (Com) 1960, 1962*] (f) Why is ice at 0°C a better cooling agent than water at 0°C ? (g) Why does steam produce severe burns than hot water at 100°C ? (h) In determining the boiling point of a liquid, why is the thermometer bulb kept a little above liquid ?]

7. কোন্ কোন্ কারণের উপর বাষ্পায়নের হার নির্ভর করে ?

[What are the factors upon which the rate of evaporation depends ?]

8. স্ফুটনাঙ্ক কাহাকে বলে ? তরলের উপরকার চাপের সহিত ইহার সম্পর্ক কি ? পরীক্ষা দ্বারা তোমার উত্তরের ব্যাখ্যা কর।

[What is boiling point ? What is its relation with the pressure on the liquid ? Explain your answer with illustration.]

9. প্রমাণ কর যে তরলের স্ফুটন হইলে ঐ তরলের বাষ্পের চাপ বায়ুমণ্ডলের চাপের সমান হয়।

[Prove that the vapour pressure of a liquid at its boiling point is equal to the atmospheric pressure.]

10. তরলের স্ফুটনাঙ্ক কোন্ কোন্ কারণের উপর নির্ভর করে ? স্ফুটনের নিয়ম কি ?

[What are the factors influencing the boiling point of a liquid ? What are the laws of boiling ?]

ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ

বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্প ও হাইগ্রোমিতি

(Water-vapour in atmosphere and Hygrometry)

6-1. বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের অবস্থিতি ঃ

বায়ুমণ্ডলে সর্বদা কিছু পরিমাণ জলীয় বাষ্প বর্তমান থাকে। পুকুর, নদী সমুদ্র প্রভৃতি হইতে সর্বদা জল বাষ্পে পরিণত হইয়া বায়ুমণ্ডলে মিশিয়া যায়। কোন কোন দিন ইহার পরিমাণ বেশী থাকে, আবার কোন কোন দিন কম থাকে। আমাদের নিত্য অভিজ্ঞতা হইতেই আমরা ইহা বুঝিতে পারি। বর্ষাকালে সাধারণত বায়ু 'ভিজা' থাকে অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের পরিমাণ বেশী থাকে এবং শীতকালে বায়ু 'শুষ্ক' হয় অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কমিয়া যায়।

বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের অবস্থিতির জন্য মেঘ, কুয়াশা, বৃষ্টি প্রভৃতি নানারূপ প্রাকৃতিক ঘটনা ঘটে। জলীয় বাষ্পের অবস্থিতির ফলে বায়ুমণ্ডলে যে-অবস্থার উদ্ভব হয় তাহার পর্যালোচনা করাই '**হাইগ্রোমিতি**'র উদ্দেশ্য।

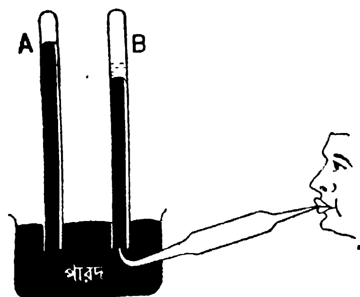
হাইগ্রোমিতি পাঠের জন্য সংপৃক্ত বাষ্প ও অসংপৃক্ত বাষ্প সম্বন্ধে জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। এইজন্য প্রথমে উক্ত বাষ্প সম্বন্ধে সংক্ষেপে প্রয়োজনীয় আলোচনা করা হইল।

6-2. সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত বাষ্প (Saturated and unsaturated vapour) ঃ

কোন তরলকে একটি আবদ্ধস্থানে রাখিয়া বাষ্পায়নের সুযোগ দিলে দেখা যায় যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া ঐ স্থান যে-পরিমাণ বাষ্প ধারণ করিতে সক্ষম ততটা বাষ্প উত্থিত হইবার পর আর বাষ্পায়ন হয় না। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা ঘটনাটি সুন্দররূপে দেখানো যাইতে পারে এবং ইহা হইতে সংপৃক্ত এবং অসংপৃক্ত বাষ্প সম্বন্ধে ধারণা স্পষ্টতর হইবে।

পরীক্ষা ঃ A এবং B দুইটি ব্যারোমিটার নল। প্রথমে উহাদের পারদপূর্ণ করিয়া অপর একটি পারদপূর্ণ পাত্রে উপুড় করিয়া রাখা হইয়াছে। আমরা জানি যে সাধারণ অবস্থায় দুইটি নলেই পারদস্তম্ভের উচ্চতা সমান হইবে ; কারণ উভয় নলের পারদস্তম্ভই বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্দেশ করে। এখন একটি সরু বাঁকানো

কাচনলের [ইহাকে 'pipette' ('পিপেট') বলে] ভিতর জল লইয়া বাঁকানো মুখ B-নলের ভিতর প্রবেশ করাও এবং পিপেটের অপর প্রান্তে মুখ লাগাইয়া আস্তে আস্তে ফুঁ দাও। পারদ অপেক্ষা হালকা বলিয়া ফুঁ দিবার ফলে জল পারদস্তম্ভ ভেদ করিয়া টরিসেলির শূন্যস্থানে উপস্থিত হইবে। ঐ স্থানের চাপ খুব কম হওয়ার দরুন জল তৎক্ষণাৎ বাষ্পে পরিণত হইবে এবং B-নলের পারদস্তম্ভকে একটু নীচে নামিতে দেখা যাইবে। ইহার কারণ এই যে জলীয় বাষ্প পারদস্তম্ভের উপর কিছু চাপ প্রদান করে। পিপেটের সাহায্যে একটু একটু করিয়া জল প্রবেশ করাইতে থাকিলে দেখা যাইবে যে B-নলের পারদস্তম্ভও একটু একটু করিয়া নীচে নামিতেছে। এইভাবে চলিবার পর যখন পারদশীর্ষে একটু জল জমিবে তখন দেখা যাইবে যে পারদস্তম্ভ আর নামিতেছে না [চিত্র 6ক]। অর্থাৎ, জল আর বাষ্পে পরিণত হইতেছে না। তখন বলা হয় যে পারদশীর্ষের উপরিস্থ স্থান জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত (saturated) হইয়াছে।



B-নলে জল জমিবার পর পারদস্তম্ভ আর নামিবে না।

চিত্র 6ক

কাজেই **কোন আবদ্ধ স্থানে তরলের সংস্পর্শে বাষ্প থাকিলে ঐ বাষ্প সর্বদা সংপৃক্ত হয়**; কারণ তরলের উপস্থিতির মানেই এই যে ঐ আবদ্ধস্থান যে পরিমাণ বাষ্প ধারণ করিতে সক্ষম সেই সীমা উপস্থিত হইয়াছে। ঐ অবস্থায় বাষ্প তরলের উপর যে-চাপ প্রয়োগ করে নির্দিষ্ট তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া উহা সর্বোচ্চ (maximum)। A এবং B নলের পারদস্তম্ভদ্বয়ের উচ্চতার পার্থক্য হইতে এই সর্বোচ্চ চাপ নির্ণয় করা যায় এবং ইহাকে **সংপৃক্ত বাষ্প চাপ** (saturated vapour-pressure) বলা হয়। সংপৃক্ত বাষ্পচাপকে অনেক সময় **জলীয় টান** (aqueous tension) বলা হয়।

উপরোক্ত কারণে তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপকে পারদস্তম্ভের উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন, কোন তরলের বাষ্প-চাপ 25°C তাপমাত্রায় 30 mm. বলিতে আমরা বুঝি যে 25°C তাপমাত্রায় ঐ তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ 30 mm. উচ্চ পারদস্তম্ভের চাপের সমান।

B-নলে পারদশীর্ষের উপর জল জমিবার পূর্বে যে-কোনও সময় টরিসেলির শূন্যস্থানে যে-বাষ্প থাকিবে উহাকে **অসংপৃক্ত বাষ্প** (unsaturated vapour)

বলা হইবে এবং উহা যে-চাপ প্রয়োগ করিবে তাহাকে **অসংপৃক্ত বাষ্প-চাপ** (unsaturated vapour-pressure) বলা হইবে।

✓ 6-3. সংপৃক্ত বাষ্পের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of saturated vapour):

সংপৃক্ত বাষ্পের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য দেখা যায় :—

(1) একই তাপমাত্রায় বিভিন্ন তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বিভিন্ন।

(2) সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ তাপমাত্রা বৃদ্ধির সহিত বৃদ্ধি পায়।

(3) সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বয়েল বা চার্লস সূত্র—অর্থাৎ গ্যাসের সূত্র মানিয়া চলে না।

(4) যে-কোন তাপমাত্রায় কোন তরলের সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ অন্য কোন গ্যাস, বাষ্প বা বায়ুর উপস্থিতির দ্বারা প্রভাবান্বিত হয় না, যদি উহাদের ভিতর কোন রাসায়নিক ক্রিয়া না হয়।

অসংপৃক্ত বাষ্পের বৈশিষ্ট্য (Characteristics of unsaturated vapour):

অসংপৃক্ত বাষ্পের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য লক্ষ্য করা যায় :—

(1) অসংপৃক্ত বাষ্প সাধারণ গ্যাসের ন্যায় আচরণ করে।

(2) ইহা বয়েল বা চার্লসের সূত্র—অর্থাৎ, গ্যাসের সূত্র মানিয়া চলে।

6-4. সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত বাষ্পের পার্থক্য :

(1) কোন আবদ্ধ স্থানে তরল সংলগ্ন বাষ্পকে ঐ তাপমাত্রায় সংপৃক্ত বাষ্প বলে এবং উহা যে চাপ প্রয়োগ করে তাহা সর্বোচ্চ। এই চাপকে সংপৃক্ত বাষ্প-চাপ বলে।

যদি কোন আবদ্ধ স্থানে কিছু বাষ্প থাকে কিন্তু কোন তরল পদার্থ না থাকে তবে ঐ বাষ্প অসংপৃক্ত হইতে পারে বা সদ্য সংপৃক্তও হইতে পারে। যদি আবদ্ধস্থানের আয়তন সামান্য হ্রাস করিলে কিছু বাষ্প তরলে পরিণত হয় তবে বুঝিতে হইবে যে উহা সদ্য সংপৃক্ত—অন্যথায় অসংপৃক্ত।

(2) অসংপৃক্ত বাষ্পের তাপমাত্রা ঠিক রাখিয়া আয়তন পরিবর্তন করিলে বয়েলের সূত্রানুযায়ী উহার চাপের পরিবর্তন হয়। কিন্তু সংপৃক্ত বাষ্পের বেলাতে উহা হয় না ; আয়তন হ্রাস করিলে কিছু বাষ্প তরলীভূত হয় এবং আয়তন বৃদ্ধি করিলে কিছু তরল বাষ্পীভূত হয় ; কিন্তু আবদ্ধ স্থান সর্বদা সংপৃক্ত থাকে—কাজেই চাপও অপরিবর্তিত থাকে।

(3) অসংপৃক্ত বাষ্পের আয়তন ঠিক রাখিয়া তাপমাত্রা পরিবর্তন করিলে চার্লসের সূত্রানুযায়ী উহার চাপের পরিবর্তন হয়। কিন্তু সংপৃক্ত বাষ্পের বেলাতে যদিও তাপমাত্রার পরিবর্তনে সংপৃক্ত বাষ্প-চাপের পরিবর্তন হয় তথাপি উহা চার্লসের সূত্রানুযায়ী হয় না।

(4) কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ অসংপৃক্ত বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি করিলে বা তাপমাত্রা হ্রাস করিলে উহাকে সংপৃক্ত বাষ্পে পরিণত করা যায়।

6-5. শিশিরাঙ্ক (Dew point):

বায়ুমণ্ডলে যে জলীয় বাষ্প থাকে তাহা জমিবার ফলেই শিশির সৃষ্টি হয়। সাধারণ অবস্থায় বায়ুমণ্ডলে যে জলীয় বাষ্প থাকে তাহা দ্বারা বায়ুমণ্ডল সংপৃক্ত থাকে না। কিন্তু কোন কারণে বায়ুমণ্ডল ঠাণ্ডা হইলে সংপৃক্ত হইবার সম্ভাবনা ঘটে। রাত্রিবেলা বিকিরণ প্রভৃতি নানাকারণে ভূ-পৃষ্ঠ ঠাণ্ডা হইলে সঙ্গে সঙ্গে উহার সহিত যুক্ত বায়ুমণ্ডলও ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে এবং উহার আয়তন হ্রাস পায়। ফলে নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ধারণের ক্ষমতা কমিয়া যায়। যখন তাপমাত্রা এমন অবস্থায় পৌছায় যে উক্ত জলীয় বাষ্প দ্বারা ঐ পরিমাণ বায়ুমণ্ডল সংপৃক্ত (saturated) হয় তখন তাপমাত্রা আর একটু কমিলেই কিছু জলীয় বাষ্প জমিয়া ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলবিন্দুর আকার ধারণ করে। ইহাকেই আমরা **শিশির** বলি এবং ঐ তাপমাত্রাকে শিশিরাঙ্ক বলা। সুতরাং **যে-তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু উহাতে অবস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হয় তাহাকে সেই অবস্থায় বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলা হয়।**

বিকল্পে একথাও বলা যাইতে পারে যে তাপমাত্রা যখন শিশিরাঙ্কে পৌছায় তখন বায়ুমণ্ডলস্থ জলীয় বাষ্প দ্বারা বায়ুমণ্ডল সংপৃক্ত হয়।

পরীক্ষা: একটি কাচের গ্লাসে ঠাণ্ডা জল ঢাল ও উহার মধ্যে একটি থার্মোমিটার ঢুকাও। এইবার ছোট একখণ্ড বরফ টুকরা ঐ জলে ফেলিয়া নাড়িতে থাক। টুকরাটি গলিয়া গেলে আর এক টুকরা ফেল। এইভাবে পরীক্ষা করিলে দেখিবে যে এক সময় গ্লাসের চতুর্দিকে ধোঁয়ার মত শিশির জমিয়াছে। যে-মূহূর্তে শিশির জমিবে তখন থার্মোমিটারে তাপমাত্রা পড। এইবার বরফ দেওয়া বন্ধ করিয়া জল নাড়িতে থাক। পরিপার্শ্ব হইতে তাপ গ্রহণ করিয়া গ্লাস ধীরে ধীরে গরম হইবে। যে-মুহূর্তে শিশির অদৃশ্য হইবে তখনকার তাপমাত্রা পড়। এই দুই তাপমাত্রার গড় মোটামুটি ঐ সময়কার শিশিরাঙ্কের সমান।

6-6. আর্দ্রতা ও আপেক্ষিক আর্দ্রতা (Humidity and Relative humidity) **:**

বায়ুতে কি-পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে বায়ুর আর্দ্রতা তাহাই বুঝায়।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা বায়ুর সংপৃক্ততার মাত্রা (degree of saturation) প্রকাশ করে। কোন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে যে-পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন এই দুই-এর অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে। সুতরাং,

আঃ আর্দ্রতা

$$= \frac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের ভর}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় জলীয় বাষ্পের ভর}}$$

যেহেতু জলীয় বাষ্পের ভর উহার চাপের সমানুপাতিক, সুতরাং আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে নিম্নলিখিত উপায়েও বলা যাইতে পারে :

$$\text{আঃ আর্দ্রতা} = \frac{\text{নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{ঐ তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}$$

তাছাড়া আমরা জানি যে কোন তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে জলীয় বাষ্প থাকে শিশিরাঙ্কে উক্ত বায়ু ঐ জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হয়। অর্থাৎ, নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ শিশিরাঙ্কে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের সমান। সুতরাং আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপরোক্ত অনুপাতকে লেখা যাইতে পারে যে,

$$\text{আঃ আর্দ্রতা} = \frac{\text{শিশিরাঙ্কের সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ু তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}$$

আপেক্ষিক আর্দ্রতাকে সাধারণত বায়ুর সংপৃক্ততার শতকরা (precentage) হিসাবে প্রকাশ করা হয়। উপরোক্ত তিনটি সংজ্ঞার যে-কোনটিকে 100 দ্বারা গুণ করিলে আপেক্ষিক আর্দ্রতার শতকরা হিসাব মিলিবে।

6-7. দৈনন্দিন জীবনে আপেক্ষিক আর্দ্রতার প্রভাব :

বায়ুমণ্ডল শুষ্ক কি আর্দ্র এই অনুভূতি এবং তজ্জনিত আরাম বা অস্বস্তিবোধ শুধু বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না। কারণ বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্প তাপমাত্রার উপর নির্ভর করিয়া ঐ বায়ুকে সংপৃক্ত রাখিতে পারে আবার খুব অসংপৃক্তও রাখিতে পারে। ঐ অনুভূতি আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে। এইজন্য আমাদের দৈনন্দিন জীবনে আপেক্ষিক আর্দ্রতার যথেষ্ট প্রভাব আছে। নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দ্বারা ইহা বুঝানো হইল।

(ক) দুইটি ঘরের তাপমাত্রা এক হইলেও আপেক্ষিক আর্দ্রতার প্রভেদের জন্য দুই ঘরে আরাম বোধ বিভিন্ন হয়। যে-ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী

সেই ঘরে বেশী কষ্ট বোধ হইবে। ইহার কারণ এই যে উক্ত ঘরের বায়ুতে বেশী পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকায় আমাদের দেহ হইতে ঘাম বাষ্পীভূত হইবার সুযোগ পায় না। ঘাম দ্রুত বাষ্পীভূত হইলে দেহ শীতল হয় এবং আরাম বোধ হয়।

এই প্রসঙ্গে প্রশ্ন তোলা যাইতে পারে যে কোন ঘরের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহার শিশিরাঙ্ক এবং আপেক্ষিক আর্দ্রতার কি পরিবর্তন হইবে? তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে শিশিরাঙ্কের বৃদ্ধি হইবে; কারণ শিশিরাঙ্ক বলিতে আমরা বুঝি যে-তাপমাত্রায় ঘরের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পচাপ সংপৃক্ত বাষ্প-চাপের সমান হয়। যেহেতু তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ বৃদ্ধি পায় সেই হেতু শিশিরাঙ্কের বৃদ্ধি হইবে। কিন্তু তাপমাত্রা বৃদ্ধি হওয়ার দরুন আপেক্ষিক আর্দ্রতা হ্রাস পাইবে। আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি যে উহা নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের ভর এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে প্রয়োজনীয় জলীয়-বাষ্পের ভরের অনুপাতের সমান। এখন, বর্ধিত তাপমাত্রায় বায়ুকে সংপৃক্ত করিবার জন্য বেশী পরিমাণ জলীয়-বাষ্পের প্রয়োজন। কাজেই উপরোক্ত অনুপাতের হর (denominator) বৃদ্ধি পাইতেছে; কিন্তু লব (numerator) ঠিকই থাকিতেছে। কাজেই আপেক্ষিক আর্দ্রতা কমিয়া যাইবে।

(খ) ভিজা কাপড় বর্ষাকালের চাইতে শীতকালে দ্রুত শুকায় যদিও শীতকালে তাপমাত্রা অনেক কম থাকে। ইহার কারণ আপেক্ষিক আর্দ্রতা। শীতকালে আপেক্ষিক আর্দ্রতা কম থাকায় অর্থাৎ বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ কম থাকায় ভিজা কাপড় হইতে জল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবার সুযোগ পায়। বর্ষাকালে তাহা হয় না, কারণ বর্ষাকালে বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের পরিমাণ খুব বাড়িয়া যায়।

(গ) শীতকালে গায়ের চামড়া, ঠোঁট প্রভৃতি ফাটিয়া যায়। ইহার কারণ শীতকালের নিম্ন আপেক্ষিক আর্দ্রতা।

(ঘ) পুরী এবং দিল্লীতে কোন দিন একই তাপমাত্রা থাকিলেও পুরী অপেক্ষা দিল্লী অনেক আরামপ্রদ মনে হইবে। সমুদ্রের কাছে বলিয়া পুরীর বায়ুর আপেক্ষিক আর্দ্রতা অনেক বেশী। সুতরাং পুরীতে গায়ের ঘাম দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইতে পারে না এবং তাহার ফলে অস্বস্তি বোধ হয়।

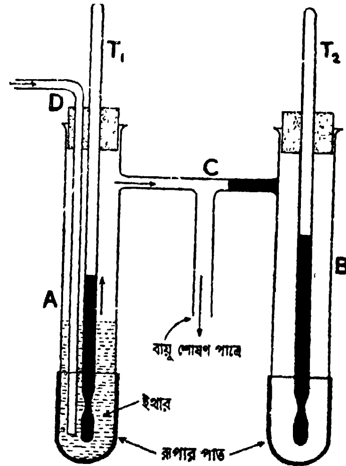
প্রতি দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নানাকারণে জানিবার প্রয়োজন হয়। দেখা গিয়াছে যে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 50-60 % হইলে আমরা বিশেষ অস্বস্তি

অনুভব করি না। উহার বেশী হইলেই দেহে ঘাম হয় এবং আমরা অস্বস্তি অনুভব করি। আপেক্ষিক আর্দ্রতা বেশী হইলে বৃষ্টির সম্ভাবনা থাকে। সেইজন্য আবহাওয়া অফিস আপেক্ষিক আর্দ্রতার হিসাব রাখে এবং বেতার ও সংবাদপত্রে উহা ঘোষণা করে। কার্পাস প্রভৃতি কয়েকটি শিল্পে বায়ুর আর্দ্রতার জ্ঞান থাকা প্রয়োজন কারণ দেখা গিয়াছে যে আর্দ্র বায়ু ঐ সকল বস্ত্রশিল্পের সহায়তা করে। কতগুলি রোগের বীজাণু আর্দ্র আবহাওয়ায় বংশ বৃদ্ধি করে বলিয়া স্বাস্থ্য বিভাগ বায়ুর অপেক্ষিক আর্দ্রতার হিসাব রাখে। নিরাপদে বিমান চালনার জন্য বিমান চালককে আর্দ্র বায়ুর অঞ্চল এড়াইয়া যাইতে হয়; এইজন্য বিমান চালনার জন্য আপেক্ষিক আর্দ্রতার জ্ঞান বিশেষ প্রয়োজন।

6-8. Regnault's হাইগ্রোমিটার :

যে যন্ত্রের দ্বারা কোন সময়ের শিশিরাঙ্ক ও তাহা হইতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় করা যায় তাহাকে হাইগ্রোমিটার বলে। নানারকমের হাইগ্রোমিটার আছে। ইহাদের মধ্যে Regnault's হাইগ্রোমিটার বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

A এবং B দুইটি মোটা কাচের টেস্ট টিউব C নল দ্বারা সংযুক্ত (6থ নং চিত্র)। টেস্ট টিউব দুইটির তলার খানিকটা অংশ পাতলা রূপার চক্‌চকে পাত দিয়া তৈয়ারী। T_1 এবং T_2 দুইটি থার্মোমিটার। A নলের কিছু অংশ ইথার দ্বারা পূর্ণ, কিন্তু B নলে কোন তরল নাই। হাওয়া ঢুকিবার জন্য A নলে একটি বাঁকানো সরু কাচনল-D ইথারে ডুবানো থাকে। সংযোগকারী C নল হইতে আর একটি নল রবার টিউবের সাহায্যে একটি বায়ুশোষণ পাত্রের (aspirator) সহিত সংযুক্ত। C নলের যে-অংশ B টেস্ট টিউবের সহিত যুক্ত তাহা সম্পূর্ণরূপে বন্ধ এবং ঐ পথে B নলে কোন বায়ু প্রবেশ করিতে পারে না।



Regnault's হাইগ্রোমিটার
চিত্র 6থ

এখন, বায়ুশোষণ পাত্র (ইহা আর কিছুই নয়—একটি প্যাচকলযুক্ত জলাধার। প্যাচকল খুলিয়া দিলে জল বাহির হইয়া যাইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে বায়ু টানিয়া লইবে) দ্বারা A নলের বায়ু টানিয়া লইলে বাহির হইতে বায়ু বাঁকানো কাচনল-D-এর সাহায্যে ইথারের ভিতর দিয়া A-নলে প্রবেশ করিবে। ইহার ফলে ইথার দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবে এবং শৈত্যের সৃষ্টি করিবে। সুতরাং A নলের রূপার অংশ দ্রুত ঠাণ্ডা হইবে এবং ইহার সংস্পর্শে যে-বায়ু আছে তাহাও ঠাণ্ডা হইবে। ক্রমশ ঠাণ্ডা হইবার ফলে বায়ুতে যে জলীয় বাষ্প আছে তাহা শিশিরবিন্দুরূপে রূপার উপর জমিবে এবং A-নলের রূপার উজ্জ্বলতা B নলের চাইতে কম দেখাইবে। সেই সময়ে T_1 থার্মোমিটারে তাপমাত্রা দেখ। এইবার বায়ুশোষণ যন্ত্র বন্ধ কর। A নল ধীরে ধীরে গরম হইবে এবং শিশির অদৃশ্য হইবে। সেই সময় পুনরায় T_1 থার্মোমিটারে তাপমাত্রা পড়। এই দুই তাপমাত্রার গড় লইলে তখনকার শিশিরাঙ্ক পাওয়া যাইবে। ডানদিকের B নলে কোন তরল না থাকায় ইহার রূপার অংশ সর্বদা চকচকে থাকে। ফলে ইহার সহিত তুলনামূলকভাবে A নলকে পরীক্ষা করিবার সুবিধা হয়। তাছাড়া T_2 থার্মোমিটার হইতে ঘরের তাপমাত্রা পাওয়া যায়।

ধরা যাউক, শিশিরাঙ্ক t°C এবং T_2 থার্মোমিটার হইতে ঘরের যে তাপমাত্রা পাওয়া গেল তাহা T°C. Regnault কর্তৃক নির্মিত সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের (saturation vapour-pressure) তালিকা হইতে t°C এবং T°C তাপমাত্রায় জলীয়বাষ্পের চাপ নির্ণয় কর। ধর, উহারা যথাক্রমে f এবং F. অতএব,

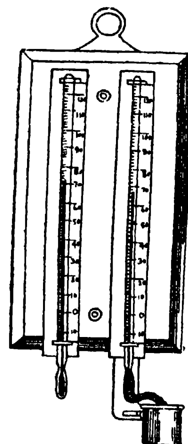
$$\text{আপেক্ষিক আদ্রর্তা} = \frac{t^\circ\text{C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত বাষ্পের চাপ}}{T^\circ\text{C} \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad ,,} \times 100\ \%$$

$$= \frac{f}{F} \times 100\ \%$$

6-9. আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড হাইগ্রোমিটার (Wet and dry bulb hygrometer) :

এই হাইগ্রোমিটারের সাহায্যে বায়ুর আপেক্ষিক আদ্রর্তা সম্বন্ধে দ্রুত মোটামুটি ধারণা করা যাইতে পারে এবং নির্ভুল পরিমাপও করা যাইতে পারে।

6গ নং চিত্রে এই হাইগ্রোমিটারের ছবি দেখানো হইল। দুইটি থার্মোমিটার পাশাপাশি একটি ফ্রেমে আবদ্ধ থাকে। ডান দিকের থার্মোমিটারের কুণ্ড একখণ্ড মসলীন দ্বারা আবৃত রাখা হয় এবং মসলীনের এক প্রান্ত একটি পাত্রস্থিত জলে ডুবানো থাকে। জল মসলীন বাহিয়া উঠিয়া থার্মোমিটার কুণ্ডকে সর্বদা ভিজা রাখে। সুতরাং ইহাকে আর্দ্রকুণ্ড বলা যাইতে পারে। বাঁ দিকের থার্মোমিটার সর্বদা শুষ্ক থাকায় ইহাকে শুষ্ক কুণ্ড বলা হয় এবং এই থার্মোমিটার হইতে ঘরের তাপমাত্রা পাওয়া যায়।



আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড
হাইগ্রোমিটার
চিত্র 6গ

আর্দ্র কুণ্ডের মসলীন হইতে জল সর্বদা বাষ্পে পরিণত হইবে এবং ঘরের আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর ইহার দ্রুততা নির্ভর করিবে। জল বাষ্পে পরিণত হইতে প্রয়োজনীয় লীন-তাপ থার্মোমিটার কুণ্ড হইতে গ্রহণ করিবে এবং তাহার ফলে ঐ থার্মোমিটারের পাঠ বাঁ দিকের থার্মোমিটার হইতে কম হইবে।

যদি কোন সময়ে দুই থার্মোমিটার পাঠের খুব পার্থক্য দেখা যায় তবে বুঝিতে হইবে যে তখনকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা খুব কম অর্থাৎ বায়ু খুব শুষ্ক। কারণ বায়ু শুষ্ক থাকিলে জল দ্রুত বাষ্পে পরিণত হইবে এবং আর্দ্র কুণ্ড খুব বেশী ঠাণ্ডা হইবে। আর যদি দুই থার্মোমিটার পাঠের খুব পার্থক্য না থাকে তবে আপেক্ষিক আর্দ্রতা খুব বেশী অর্থাৎ বায়ুতে যথেষ্ট জলীয় বাষ্প বর্তমান, কারণ ঐ অবস্থায় জল মোটেই বাষ্পীভূত হইবে না। সুতরাং আর্দ্রকুণ্ড বিশেষ ঠাণ্ডা হইবে না। এইভাবে দুই থার্মোমিটার পাঠ লক্ষ্য করিয়া তখনকার আপেক্ষিক আর্দ্রতা সম্বন্ধে ধারণা করা যায়। তাছাড়া আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড তালিকা (wet and dry bulb table) নামক একটি তালিকার সাহায্যে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ভুলভাবেও নির্ণয় করা যায়। এই যন্ত্র আবহাওয়া অফিসে খুব বেশী ব্যবহৃত হয়।

জলীয় বাষ্পের চাপের তালিকা

[রেনোর তালিকা]

[চাপ মিলিমিটার পারদে এবং তাপমাত্রা সেণ্টিগ্রেডে প্রকাশ করা হইয়াছে ।

তাপমাত্রা	চাপ	তাপমাত্রা	চাপ	তাপমাত্রা	চাপ
0°	4·6	11°	9·8	22°	19·6
1°	4·9	12°	10·4	23°	20·9
2°	5·3	13°	11·1	24°	22·2
3°	5·7	14°	11·9	25°	23·5
4°	6·1	15°	12·7	26°	25·0
5°	6·5	16°	13·5	27°	26·5
6°	7·0	17°	14·4	28°	28·1
7°	7·5	18°	15·3	29°	29·9
8°	8·0	19°	16·3	30°	31·5
9°	8·5	20°	17·4	35°	41·8
10°	9·1	21°	18·5	40°	54·9

উদাহরণ ঃ

(1) কোন একদিন বায়ুর তাপমাত্রা 14°C এবং শিশিরাঙ্ক 8°C হইল। ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর। (8°C ও 14°C-এ সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 8 mm এবং 12 mm of Hg.)

[On a certain day, the temperature was found to be 14°C and the dew-point 8°C. Saturation vapour pressures at 8°C and 14°C are respectively 8 mm and 12 mm of Hg. Calculate the relative humidity on that day.]

উ। আমরা জানি,

$$\text{আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{বায়ু তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}} \times 100\%$$

$$= \frac{8^{\circ}\text{C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{14^{\circ}\text{C} \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad ,, \quad ,,} \times 100\%$$

$$= \frac{8}{12} \times 100\% = 66{\cdot}6\%$$

(2) কোন দিনের শিশিরাঙ্ক 12°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 25°C দেখা গেল। 12°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 10·4 mm হইলে ঐ দিন বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ নির্ণয় কর।

[On a certain day, the dew-point and the room-temperature were 12°C and 25°C respectively. If the saturation vapour pressure at 12°C be 10·4 mm. calculate the pressure of the vapour present in the atmosphere on that day.]

উ। শিশিরাঙ্কের সংজ্ঞা হইতে আমরা জানি যে ঘরের তাপমাত্রায় বায়ুতে যে-পরিমাণ জলীয় বাষ্প থাকে শিশিরাঙ্কে উক্ত বায়ু ঐ জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হইয়া পড়ে। অর্থাৎ, ঘরের তাপমাত্রায় জলীয় বাষ্পের চাপ শিশিরাঙ্কে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপের সমান হইয়া পড়ে। যেহেতু শিশিরাঙ্ক 12°C এবং ঐ তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 10·4 mm. দেওয়া আছে, সুতরাং ঐ দিন ঘরের তাপমাত্রায় বায়ুতে উপস্থিত জলীয় বাষ্পের চাপ 10·4 mm.

(3) একটি নির্দিষ্ট দিনে বায়ুর তাপমাত্রা 16·5°C এবং শিশিরাঙ্ক 12°C; 12°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 1·046 cm., 16°C তাপমাত্রায় 1·364 cm এবং 17°C তাপমাত্রায় 1·442 cm ; ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কত ?

[The dew-point and the temperature on a certain day were respectively 12°C and 16·5°C. The saturation vapour pressures at 12°C, 16°C and 17°C are respectively 1·046 cm. 1·364 cm. and 1·442 cm. What is the relative humidity on that day ?]

উ। 16°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = 1·364 cm.
17°C ,, ,, ,, ,, ,, = 1·442 ,,

সুতরাং, 1°C তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে চাপ-বৃদ্ধি = 1·442 − 1·364 = ·078 cm.
∴ ·5°C ,, ,, ,, ,, = ·078 × ·5 cm.
= ·0390 cm.

সুতরাং, 16·5°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ $=1{\cdot}364+{\cdot}039$
$=1{\cdot}403$ cm.

$$\therefore \text{ আপেক্ষিক আর্দ্রতা} = \frac{\text{শিশিরাঙ্কে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ}}{\text{ঘরের তাপমাত্রায় ,, ,, ,,}} \times 100\ \%$$

$$= \frac{1{\cdot}046}{1{\cdot}403} \times 100\,\% = 74{\cdot}5\,\% \text{ (প্রায়)}$$

(4) কোনও সময় তাপমাত্রা 15°C এবং শিশিরাঙ্ক 8°C ; যদি তাপমাত্রা কমিয়া 10°C হয় তবে শিশিরাঙ্ক পরিবর্তিত হইয়া কত হইবে ? 7° এবং 8°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 7·49 mm এবং 8·02 mm.

[The temperature at a time is 15°C and the dew-point is 8°C. If the temperature falls to 10°C, how will be the dew-point modified ? The saturated vapour pressures at 7°C and 8°C are respectively 7·49 and 8·02 mm.]

উ। বায়ু অসংপৃক্ত হওয়ায় চার্লসের সূত্র মানিয়া চলিবে,

অর্থাৎ, $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$ বা $\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}$

বা, $\frac{\text{10°C-এ বায়ু চাপ}}{\text{15°C ,,}} = \frac{10+273}{15+273} = \frac{283}{288}$

কিন্তু 15°C-এ বায়ু চাপ = 8°C (শিশিরাঙ্ক)-এ সংপৃক্ত বায়ু চাপের সমান
$=8{\cdot}02$ mm.

$$\therefore \text{ 10°C-এ বায়ু চাপ} = \frac{283}{288} \times 8{\cdot}02 = 7{\cdot}88 \text{ mm (প্রায়)}$$

এখন নির্ণয় করিতে হইবে যে কোন্ তাপমাত্রায় 7·88 mm চাপ হইবে সংপৃক্ত বায়ুচাপের সমান। তাহা হইলে ঐ তাপমাত্রাই হইবে নূতন শিশিরাঙ্ক।

এখন দেখা যাইতেছে যে 1°C তাপমাত্রা পরিবর্তনে চাপ পরিবর্তন $=(8{\cdot}02-7{\cdot}49)=0{\cdot}53$ mm. ; সুতরাং $(8{\cdot}02-7{\cdot}88)=0{\cdot}14$ mm চাপ পরিবর্তনের জন্য প্রয়োজনীয় তাপমাত্রার পরিবর্তন

$$= \frac{0{\cdot}14}{0{\cdot}53} = \frac{1}{4} \text{ °C (প্রায়)}$$

কাজেই, 10°C তাপমাত্রায় শিশিরাঙ্ক $\frac{1}{4}$°C কমিয়া যাইবে অর্থাৎ $(8-\frac{1}{4}) = 7\frac{3}{4}$°C হইবে।

6-10. বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের ঘনীভবন (Condensation of water-vapour present in atmosphere) :

নানাকারণে এবং নানা অবস্থায় বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং তাহার ফলে শিশির, কুয়াশা, মেঘ প্রভৃতির সৃষ্টি হয়।

শিশির (Dews) ; **কুয়াশা** (Fog) ও **কুহেলিকা** (Mist) :

রাত্রিবেলা ভূ-পৃষ্ঠ তাপ বিকিরণ করিয়া ঠাণ্ডা হয়। এই বিকীর্ণ তাপ বায়ু-মণ্ডল ভেদ করিয়া গেলেও বায়ুমণ্ডল ইহাতে উত্তপ্ত হয় না। কিন্তু ভূ-পৃষ্ঠ সংলগ্ন বায়ু ভূ-পৃষ্ঠের সহিত ক্রমশ ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। যখন বায়ু ঠাণ্ডা হইতে হইতে শিশিরাঙ্কে পৌঁছায় তখন বায়ুর তাপমাত্রা আর একটু কমিলেই বায়ুস্থ জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণার আকারে ঘাস, পাতা প্রভৃতির উপর জমা হয়। ইহাকেই **শিশির** বলা হয়। শরৎকালে ভোরবেলা গাছের পাতা ও ঘাসে যথেষ্ট শিশির জমা হইতে দেখা যায়।

নিম্নলিখিত অবস্থাগুলি প্রচুর পরিমাণ শিশির জমিবার সহায়তা করে :

(1) **মেঘহীন পরিষ্কার আকাশ**—আকাশে মেঘ না থাকিলে বিকীরণের দরুন ভূপৃষ্ঠ দ্রুত ঠাণ্ডা হইতে পারে। বিকীর্ণ তাপ মেঘ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া পুনরায় ভূপৃষ্ঠে ফিরিয়া আসিবার সম্ভাবনা থাকে না। তাই মেঘহীন পরিষ্কার আকাশ শিশির জমিবার পক্ষে সহায়ক।

(2) **কম বায়ু চলাচল**—বায়ু চলাচল কম থাকিলে, কোন ঠাণ্ডা বস্তুর সংস্পর্শে বায়ু বেশীক্ষণ থাকিতে পারে। তাহাতে বায়ুমণ্ডল ঠাণ্ডা হইয়া শিশিরাঙ্কে পৌঁছিবার সুবিধা হয় এবং শিশির জমিবার সহায়তা করে।

(3) **বায়ুমণ্ডলে প্রচুর জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি**—বায়ুমণ্ডলের প্রাথমিক আর্দ্রতা খুব বেশী থাকিলে, অল্প ঠাণ্ডা হইবার ফলেই শিশির জমিতে পারে।

(4) **তাপের ভাল বিকিরক এবং কুপরিবাহী বস্তুর সান্নিধ্য**—ঐ ধরনের বস্তু দ্রুত তাপ ত্যাগ করিয়া ঠাণ্ডা হইতে পারে এবং বায়ুকে শিশিরাঙ্কে পৌঁছাইয়া দিতে পারে। ঐ বস্তুগুলি ভূপৃষ্ঠের নিকটবর্তী হওয়া প্রয়োজন কারণ উঁচুতে থাকিলে বায়ু ঠাণ্ডা হইয়া ভারী হইবে এবং নীচে চলিয়া যাইবে এবং উপর হইতে অপেক্ষাকৃত গরম ও হাল্‌কা বায়ু ঐ স্থান অধিকার করিবে। ফলে বায়ু চলাচলের সৃষ্টি হইয়া শিশির জমিবার বিঘ্ন ঘটাইবে। এই কারণে বড় গাছের পাতায় শিশির না জমিয়া ঘাসে বা কচুর পাতা ইত্যাদিতে শিশির জমিতে দেখা যায়।

যদি কোন কারণে বায়ুমণ্ডলের বিস্তীর্ণ অঞ্চলের তাপমাত্রা হ্রাস পাইয়া শিশিরাঙ্কের নীচে নামিয়া আসে তবে উক্ত বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জলকণার আকারে বায়ুমণ্ডলে ভাসমান ধূলিকণা, কয়লার গুঁড়া প্রভৃতি আশ্রয় করিয়া ভাসিতে থাকে। ইহাকেই **কুয়াশা** বা **কুহেলিকা** বলে। সাধারণত ভিজা মাটির তাপমাত্রা বায়ুমণ্ডলের তাপমাত্রার বেশী হইলে এইরূপ কুয়াশার সৃষ্টি হয়। শীতকালে প্রায়ই সকালে কুয়াশা দেখিতে পাওয়া যায়। সাধারণত কুয়াশা স্থলের উপর এবং কুহেলিকা জলের উপর সৃষ্টি হয়। দুপুরের দিকে কুয়াশা শেষ হইয়া যায় কারণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে জলকণাগুলি বাষ্পীভূত হয় এবং বায়ুমণ্ডল অসংপৃক্ত হইয়া পড়ে।

মেঘ ও বৃষ্টি (Clouds and rains) ঃ

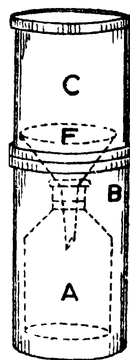
জলীয় বাষ্পপূর্ণ বায়ু নানাকারণে হাল্কা হইয়া যখন উপরে উঠে তখন সেখানে চাপ-হ্রাসের দরুন ইহার আয়তনের বিস্তার হয়। এই কারণে ইহা ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। এইভাবে ঠাণ্ডা হইবার ফলে যখন বায়ুর তাপমাত্রা শিশিরাঙ্কের নীচে নামিয়া যায় তখন ইহার জলীয় বাষ্প ভাসমান ধূলিকণাকে আশ্রয় করিয়া জলবিন্দুর আকারে ভাসিতে থাকে। উহাকেই আমরা **মেঘ** বলি। সুতরাং কুয়াশা ও মেঘের ভিতর কার্যত কোন তফাৎ নাই। কুয়াশা নিম্নস্তরে সৃষ্টি হয় এবং মেঘ উচ্চস্তরে সৃষ্টি হয়।

যখন মেঘের জলকণাগুলি ভাসিতে ভাসিতে পরস্পর সংযুক্ত হইয়া বড় বড় বিন্দুতে পরিণত হয় তখন উহারা নীচের দিকে পড়িতে শুরু করে। এই সময় যদি জলবিন্দুগুলি কোন শুষ্ক ও উষ্ণ বায়ু স্তরের ভিতর দিয়া অগ্রসর হয় তবে পুনরায় বাষ্পীভূত হইয়া উপরের দিকে চলিয়া যায়। আর যদি আর্দ্র বায়ুস্তরের ভিতর দিয়া অগ্রসর হয় তবে আর বাষ্পীভূত হয় না ; বরং বিন্দুগুলি আকারে বৃদ্ধি পায় এবং যথেষ্ট ভারী হয়। তখন উহা **বৃষ্টির** আকারে ভূ-পৃষ্ঠে পড়ে।

বারিপাতমাপক যন্ত্র (Rain gauge) ঃ

কোন দিন বৃষ্টিপাত হইলে পরের দিন সংবাদপত্রে তোমরা লক্ষ্য করিয়া থাকিবে যে আবহাওয়া সংবাদে লেখা আছে গতকল্য "কয়েক ইঞ্চি বারিপাত হইয়াছে"। এই ধরনের বারিপাত বিষয়ক সংবাদ আবহাওয়া অফিস হইতে সংবাদপত্রে এবং বেতার প্রচার করা হয়। বারিপাত মাপিবার জন্য যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাহা 6৬ নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে।

F-এক কাচের চুঙি বা ফানেল। ইহার মুখের ব্যাস পাঁচ বা আট ইঞ্চির সমান। ইহা একটি কাচের বোতল-A-এর মুখে বসানো। ফানেলের মুখে যে-বৃষ্টির জল পড়িবে তাহা A-বোতলে জমা হইবে। আঘাত লাগিয়া বোতলটি যাহাতে ভাঙ্গিয়া না যাইতে পারে এইজন্য উহাকে একটি তামার পাত্র B-এর মধ্যে বসানো হয়। ফানেলের উপর বৃষ্টির জল পড়িয়া যাহাতে ছিটকাইয়া বাহিরে না পড়িতে পারে এইজন্য B পাত্রের উপর আর একটি পাত্র C রাখা থাকে। C-পাত্রের উপরের মুখের কানা খুব ক্ষুরধার হওয়ায় মাপা নির্ভুল হয়। বারিপাত মাপিবার সময় যন্ত্রটিকে উন্মুক্ত স্থানে এমনভাবে রাখা হয় যে মাটি হইতে C-পাত্রের উপরের মুখের উচ্চতা প্রায় এক ফুট পরিমাণ হয়। বৃষ্টির জল ফানেলের মুখে পড়িয়া A-পাত্রে জমা হয়। A-পাত্রের গায়ে ইঞ্চি-দাগ কাটা থাকে। তাহা হইতে সরাসরি বোঝা যায় যে কত ইঞ্চি বারিপাত হইল। যেমন "দুই ইঞ্চি বারিপাত হইল" এই উক্তি হইতে বোঝা যায় বৃষ্টির জলকে ফানেলের সমান ব্যাসবিশিষ্ট কোন চোঙে রাখিলে উহার উচ্চতা দুই ইঞ্চি হইবে।



বারিপাতমাপক যন্ত্র
চিত্র 6ঙ

প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে আসাম প্রদেশের চেরাপুঞ্জি নামক স্থানে পৃথিবীর ভিতর সর্বাপেক্ষা বেশী বারিপাত হয়। চেরাপুঞ্জিতে বারিপাতের পরিমাণ বৎসরে প্রায় 500 ইঞ্চি।

তুষার ও শিলা (Snow and hails):

খুব ঠাণ্ডার ফলে বায়ুর জলীয় বাষ্প বরফে পরিণত হয় এবং বায়ুমণ্ডলে ভাসিতে থাকে এবং বৃষ্টির আকারে ঝির্ ঝির্ করিয়া ভূ-পৃষ্ঠে পতিত হয়। ইহাকে **তুষারপাত** বলে। মেরুপ্রান্তে প্রায়ই এবং শীতকালে পাহাড়ী জায়গায় তুষারপাত হইয়া থাকে।

যদি বৃষ্টির ফোঁটা পড়িবার সময় উহা কোথাও খুব ঠাণ্ডা বায়ুর সংস্পর্শে আসে তবে ফোঁটাগুলি জমিয়া বরফের টুক্‌রাতে পরিণত হয় এবং টুকরাগুলি বৃষ্টির আকারে পড়িতে থাকে। ইহাকেই **শিলাবৃষ্টি** বলে। শিলা ছোট-বড় নানা আকারের দেখিতে পাওয়া যায়।

সারাংশ

বায়ুমণ্ডলে সর্বদা কিছু জলীয় বাষ্প বর্তমান থাকে। বায়ুমণ্ডলে জলীয় বাষ্পের উপস্থিতির ফলে মেঘ, কুয়াশা প্রভৃতি নানারূপ প্রাকৃতিক ঘটনার সৃষ্টি হয়।

শিশিরাঙ্ক : যে-তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু উহাতে উপস্থিত জলীয় বাষ্প দ্বারা সংপৃক্ত হয় তাহাকে সেই অবস্থায় বায়ুর শিশিরাঙ্ক বলা হয়।

আপেক্ষিক আর্দ্রতা : কোন তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট আয়তনের বায়ুতে যে পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে এবং ঐ তাপমাত্রায় ঐ আয়তনের বায়ুকে সংপৃক্ত করিতে যে-পরিমাণ জলীয় বাষ্পের প্রয়োজন—এই দুই-এর অনুপাতকে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বলে।

বায়ুমণ্ডল শুষ্ক কি আর্দ্র এই অনুভূতি এবং তাহার ফলে আরাম ও অস্বস্তিবোধ বায়ুমণ্ডলের আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর নির্ভর করে। আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয়ের জন্য দুই প্রকার যন্ত্র ব্যবহার করা যাইতে পারে। যথা :

(1) Regnault's হাইগ্রোমিটার ও (2) শুষ্ক ও আর্দ্রকুণ্ড হাইগ্রোমিটার।

নানাকারণে তাপমাত্রা কমিয়া গেলে বায়ুমণ্ডলের জলীয় বাষ্প ঘনীভূত হয় এবং তাহার ফলে শিশির, কুয়াশা, মেঘ, বৃষ্টি প্রভৃতির সৃষ্টি হয়।

প্রশ্নাবলী

1 সংপৃক্ত ও অসংপৃক্ত বাষ্পের ভিতর পার্থক্য কি ? ঘরের তাপমাত্রায় জলীয় টান নির্ণয় করিবার একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Distinguish between saturated and unsaturated vapours. Devise a simple experiment by which the aqueous tension at room temperature may be determined.] [*H. S. Exam. 1961*]

2. শিশিরাঙ্ক ও আপেক্ষিক আর্দ্রতার সংজ্ঞা বুঝাইয়া দাও।

[Explain the terms 'dew-point' and 'relative humidity'] [*P. U. 1962*]

3. শিশিরাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ। ইহা নির্ণয়ের পর ইহা কি কাজে লাগে ? বায়ুর তাপমাত্রা শিশিরাঙ্কের সমান হইলে বায়ুমণ্ডলের অবস্থা কিরূপ হয় ? কোন ঘরের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহা (i) শিশিরাঙ্ক এবং (ii) আপেক্ষিক আর্দ্রতার উপর কি প্রভাব বিস্তার করিবে ?

[Define 'Dew point'. Of what use is it when it has been found ? What is the condition of the atmosphere when its dew point is equal to the temperature of the atmosphere ? If the temperature of a room is raised, explain what the effect will be on (i) the dew point, (ii) the relative humidity of the atmosphere in the room.] [*H. S. Exam. 1960*]

4. হাইগ্রোমিটার কাহাকে বলে? ইহা দ্বারা কি নির্ণয় করা হয়? Regnault-এর হাইগ্রোমিটার বর্ণনা কর ও ইহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[What is a hygrometer? What does it determine? Describe and explain the action of a Regnault's hygrometer.]

[*cf. P. U. 1962 ; H. S. (Comp) 1962*]

5. বায়ুর আর্দ্রতা বলিতে কি বোঝায়? এমন একটি যন্ত্র বর্ণনা কর যাহার দ্বারা বায়ুর আর্দ্রতা মাপা যায়। তোমার বর্ণিত যন্ত্রের একটি সুন্দর নকশা আঁক।

[What is 'hygrometric state' of air? Describe any apparatus with the help of which the hygrometric state of air may be determined. Draw a neat sketch of the apparatus.] [*H. S. (Comp,) 1961 '65*]

6. আর্দ্র ও শুষ্ক কুণ্ড হাইগ্রোমিটার কাহাকে বলে? ইহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[What is a wet and dry bulb hygrometer? Explain its action.]

7. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির জবাব লেখ :—

(ক) বর্ষাকাল অপেক্ষা শীতকালে ভিজা কাপড় তাড়াতাড়ি শুকায় যদিও শীতকালে তাপমাত্রা কম। কেন? (খ) একটি কাচের পাত্রে বরফ-জল ঢালিলে কাচের বাহিরের গায়ে জলবিন্দু জমা হয় কেন? (গ) দুইটি ঘরের তাপমাত্রা 24°C. একটিতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা 80 % ; এবং অন্যটিতে 60 % ; কোন্ ঘর বেশী আরামদায়ক হইবে? (ঘ) পুরী ও দিল্লীতে কোন দিনে তাপমাত্রা সমান থাকিলেও পুরী অপেক্ষা দিল্লী বেশী আরামপ্রদ মনে হয় কেন?

[Answer the following questions :—

(a) Wet clothes are usually seen to dry sooner in the cold weather than in rainy season though the temperature in the latter case is higher. Why? [*H. S. (Comp) 1960*]

(b) Why does a glass tumbler 'cloud over' on the outside when ice cold water is poured into it? [*H. S. (Comp) 1961*]

(c) The temperature of two rooms is 24°C. The relative humidity of one is 80 % and that of the other 60 %. In which room would you feel more comfortable?

(b) A hot day at Puri causes greater discomfort than an equally hot day in Delhi. Why?]

8. কোনও একদিনের তাপমাত্রা 30°C এবং শিশিরাঙ্ক 15°C ; উক্ত তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ যথাক্রমে 31·5 mm এবং 12·7 mm হইলে ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা কত?

[On a certain day, when the temperature of the air was 30°C, the dew-point was found to be 15°C. The saturation vapour pressures at those temperatures were respectively 31·5 mm. and 12·7 mm. What was the relative humidity at that time?] [Ans. 40·3 %]

9. উপরোক্ত প্রশ্নে যদি শিশিরাঙ্ক 15°C-এর পরিবর্তে 20°C হয় তবে আপেক্ষিক আর্দ্রতা বৃদ্ধি পাইবে না হ্রাস পাইবে?

[If the dew-point in the above example were 20°C instead of 15°C, will the relative humidity increase or decrease?]

10. কোনও নির্দিষ্ট দিনে শিশিরাঙ্ক 15°C এবং বায়ুর তাপমাত্রা 81°C. 15°C তাপমাত্রায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ 12·8 mm হইলে বায়ুতে উপস্থিত জলীয়-বাষ্পের চাপ কত ?

[The dew-point on a particular day was 15°C while the temperature of air was 81°C. If the saturation vapour pressure at 15°C is 12·8 mm. what is the pressure of the vapour present in the air ?] [Ans. 12·8 mm.]

11. কোন দিন বায়ুর তাপমাত্রা 18·5°C এবং শিশিরাঙ্ক 12°C , 18°C, 19°C এবং 12°C তাপমাত্রায় জলীয় টান যথাক্রমে 15·46, 15·86 এবং 10 46 mm হইলে ঐ দিনের আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর।

[On a certain day, the temperature of the air is 18·5°C and the dew-point is 12°C. Find the relative humidity. The aqueous tensions at 18°C, 19°C and 12°C are 15·46, 15·86 and 10·46 mm of mercury respectively.]

[*H. S. (Comp) 1962*] [Ans. 66 7%]

12. শিশিরাঙ্ক 20·4°C এবং ঘরের তাপমাত্রা 27·9°C হইলে নিম্নলিখিত সংপৃক্ত জলীয়-বাষ্পের চাপ হইতে আপেক্ষিক আর্দ্রতা নির্ণয় কর :

তাপমাত্রা		জলীয় বাষ্পের চাপ
20°C	...	17·54 mm
21°C	...	18·65 ,,
27°C	...	26·75 ,,
28°C	...	28·86 ,,

[The dew-point is 20·4°C and the room temperature is 27·9°C. From the following table of saturation vapour pressure calculate the relative humidity :—

Temp.		Sat. vapour pressure
20°C	..	17·54 mm.
21°C	...	18·65 ,,
27°C	...	26·75 ,,
28°C	...	28·86 ,,]

[Ans. 68·7% প্রায়

13. শিশির কাহাকে বলে ? উহার উৎপত্তি কিরূপে হয় ? কোন কোন বস্তুর উপর শিশির বেশী জমে কেন ? কি কি কারণে বেশী শিশির জমিবার সুবিধা হয় ?

[What is dew ? How is it caused ? Why is dew deposited more on some substances than others ? What factors lead to copious deposition of dews ?]

14. কোন তরলের বাষ্প-চাপ 25°C তাপমাত্রায় 80 mm.—এই বাক্যের ব্যাখ্যা কর।

[Vapour pressure of a liquid at 25°C is 80 mm—Explain the statement.]

সপ্তম পরিচ্ছেদ

তাপ সঞ্চালন [Transmission of heat]

7-1. তাপ সঞ্চালনের বিভিন্ন পদ্ধতি (Different ways of transmission of heat) :

একস্থান হইতে অন্যস্থানে তাপ সঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতি আছে। যথা :

(1) **পরিবহণ** (Conduction), (2) **পরিচলন** (Convection) ও (3) **বিকিরণ** (Radiation)।

পরিবহণ : একটি লোহার দণ্ডের একপ্রান্ত আগুনে ধরিলে কিছু সময় পরে অন্য প্রান্ত গরম হইয়া পড়ে। এস্থলে দণ্ডের ভিতর দিয়া একপ্রান্ত হইতে অন্যপ্রান্তে তাপ সঞ্চালিত হইল কিন্তু দণ্ডের ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণাগুলি তাপ বহন করিয়া একপ্রান্ত হইতে অন্য প্রান্তে গেল না। তাহা যদি হইত তবে যে-প্রান্ত আগুনে ধরা আছে উহা সরু হইয়া যাইত এবং অপর প্রান্ত মোটা হইত। কিন্তু তাহা হয় না। তবে তাপ সঞ্চালন কিরূপে হইল ? পদ্ধতিটি বর্ণনা করিবার পূর্বে আর একটি ঘটনা বলি।

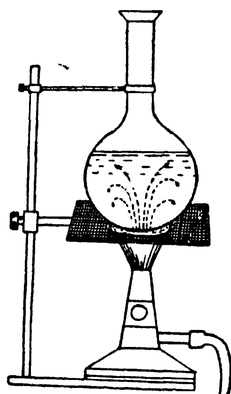
কোন বাড়ী তৈয়ারী করিবার সময় মজুরেরা ইটের গাদা হইতে ইট জমিতে কিরূপে লইয়া আসে লক্ষ্য করিয়াছ কি ? মজুরেরা লাইন দিয়া দাঁড়াইয়া যায় এবং প্রথম মজুর গাদা হইতে একখানা ইট লইয়া পরের জনকে দেয়। সে আবার ইটখানি পরের মজুরকে হস্তান্তরিত করে। এইভাবে একজন হইতে অপরজনে চালিত হইয়া ইট জমিতে পৌছাইয়া যায়। কিন্তু কোন মজুরই নিজের স্থান ত্যাগ করে না। পরিবহণ প্রণালীও এইরকম।

দণ্ডের যে-প্রান্ত আগুনে ধরা হইল প্রথমে সেই প্রান্তের কণাগুলি তাপ গ্রহণ করিয়া উত্তপ্ত হইল। পরে উহা পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা কণাকে সেই তাপ হস্তান্তর করিল। এই কণা আবার উত্তপ্ত হইয়া উহার পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা কণাকে তাপ হস্তান্তর করিল। এইরূপে কণা হইতে কণাতে হস্তান্তরিত হইয়া অবশেষে তাপ অন্য প্রান্তে পৌছিল। এই ধরনের তাপ সঞ্চালনের পদ্ধতিকে পরিবহণ বলা হয়।

অতএব **যে-প্রণালীতে কোন দ্রব্যের উষ্ণতর অংশ হইতে শীতলতর অংশে তাপ গমন করে অথচ ইহার জন্য দ্রব্যের কণাগুলির কোন**

স্থান পরিবর্তন হয় না, তাহাকে পরিবহণ বলা হয়। সাধারণত কঠিন পদার্থে তাপ সঞ্চালন পরিবহণ প্রণালীতে হইয়া থাকে।

পরিচলনঃ এই প্রণালীতে পদার্থের উত্তপ্ত কণাগুলি নিজেরাই উষ্ণতর অংশ হইতে শীতলতর অংশে গমন করিয়া তাপ লইয়া যায়।



তাপ পরিচলন পদ্ধতি
চিত্র 7ক

পূর্বে মজুরদের ইট লইবার যে উপমা দেওয়া হইয়াছে তাহার সাহায্যে বলা যায় যে যদি মজুরেরা নিজেরাই প্রত্যেকে গাদা হইতে ইট লইয়া জমিতে উপস্থিত হয় তবে যে পদ্ধতির সৃষ্টি হইবে পরিচলনও সেই রকম পদ্ধতি। সাধারণত তরল ও বায়বীয় পদার্থে তাপ সঞ্চালন পরিচলন প্রণালীতে হইয়া থাকে।

পরীক্ষা: একটি কাচের ফ্লাস্কে খানিকটা জল লইয়া উহার ভিতর একটু নীল ফেলিয়া দাও। এখন ফ্লাস্কটি গরম কর। দেখিবে যে একটি নীল জলের ধারা নীচ হইতে উপরে উঠিতেছে এবং ফ্লাস্কের গা-বাহিয়া একটি সাদা জলের ধারা উপর হইতে নীচে নামিতেছে। ইহার কারণ এই যে তলার নীল জল উত্তপ্ত হইয়া হাল্কা হয় এবং উপরের দিকে ওঠে এবং উপরের ঠাণ্ডা ও ভারী জল নীচে চলিয়া আসে (7ক নং চিত্র)। এইভাবে দুইটি জলস্রোতের সৃষ্টি হইবে। কিছুক্ষণ পরে অবশ্য সমস্ত জল সমভাবে উত্তপ্ত হইয়া পড়িবে। এস্থলে উত্তপ্ত জলের কণাগুলি নীচ হইতে উপরে উঠিয়া তাপ সঞ্চালন করিল। এই পদ্ধতিকে তাপের পরিচলন বলে।

বিকিরণঃ এই প্রণালীতে কোন জড় মাধ্যমের (material medium) **সাহায্য না লইয়া অথবা জড় মাধ্যম থাকিলে তাহাকে উত্তপ্ত না করিয়া তাপ একস্থান হইতে অন্যস্থানে সঞ্চালিত হয়।**

আমরা সূর্য হইতে তাপ পাই। কিন্তু সূর্য ও পৃথিবীর ভিতর বেশীর ভাগ স্থান শূন্য। কাজেই সূর্য-তাপ পৃথিবীতে পরিবহণ বা পরিচলন পদ্ধতিতে আসিতে পারে না কারণ উভয়ক্ষেত্রেই জড় মাধ্যমের প্রয়োজন। উপরন্তু সূর্যতাপ পৃথিবীর বায়ুমণ্ডল ভেদ করিয়া আসিলেও বায়ুমণ্ডল ঠাণ্ডাই থাকে। (কারণ যত উর্ধ্বে আরোহণ করা যায় তত বায়ুমণ্ডল শীতল ইহা আমাদের

সকলের জানা আছে)। সুতরাং পৃথিবীতে সূর্য-তাপ পৌছিবার পদ্ধতি পরিবহণ ও পরিচলন হইতে ভিন্ন। ইহা একটি সম্পূর্ণ আলাদা পদ্ধতি। এই পদ্ধতিকে বিকিরণ বলা হয়।

একটি জলন্ত উনুনের পাশে দাঁড়াইলে আমরা গরম অনুভব করি। ইহা পরিচলন দ্বারা হইতে পারে না, কারণ পরিচলনের ফলে উত্তপ্ত হাওয়া উপরে উঠিবে এবং পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা হাওয়া উনুনের দিকে যাইবে। সুতরাং আমাদের ঠাণ্ডা লাগাই উচিত। আবার, পরিবহণ দ্বারাও হইতে পারে না। কারণ বায়ুর পরিবহণ ক্ষমতা খুব কম। অথচ আমরা গরম অনুভব করি। যেহেতু এই তাপ সঞ্চালন পরিবহণ বা পরিচলন দ্বারা হইতেছে না, সুতরাং বিকিরণ দ্বারাই হইতেছে।

তিন পদ্ধতির প্রভেদ :

(1) পরিবহণ ও পরিচলনের জন্য কোন জড় মাধ্যমের (কঠিন, তরল বা বায়বীয়) প্রয়োজন কিন্তু বিকিরণ ঐরূপ কোন মাধ্যমের সাহায্য না লইয়াও হইতে পারে।

(2) পরিবহণ বা পরিচলন খুব মন্থর পদ্ধতি কিন্তু বিকিরণ অতিশয় দ্রুত পদ্ধতি। বিকিরণের দরুন যে-বেগে তাপ সঞ্চালিত হয় তাহা আলোর বেগের সমান।

(3) বিকিরণ প্রণালীতে তাপ সরল রেখায় সর্বদিকে চলাচল করে কিন্তু পরিবহণ বা পরিচলন প্রণালীতে তাপ বক্রপথে চলাচল করিতে পারে। সূর্যের তাপ নিবারণ করিতে আমরা ছাতা খুলি। ইহা প্রমাণ করে যে সূর্য হইতে বিকীর্ণ তাপ সরলরেখায় চলে।

(4) বিকিরণ প্রণালীতে তাপ মাধ্যমকে উত্তপ্ত করে না কিন্তু পরিবহণ বা পরিচলন প্রণালীতে তাপ যে-মাধ্যম অবলম্বন করিয়া চলাচল করে তাহাকে উত্তপ্ত করে।

7-2. তাপ পরিবাহিতা (Thermal conductivity) ও পরিবাহিতাঙ্ক (Co-efficient of thermal conductivity) :

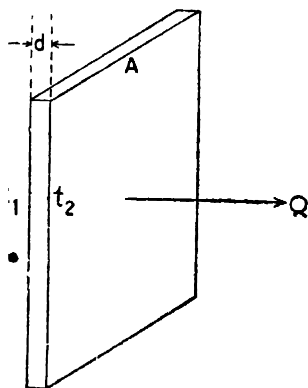
তাপ পরিবহণের গুণকে পদার্থের পরিবাহিতা বলে। সব পদার্থের পরিবাহিতা এক নয়। একটি কাঠের দণ্ডের একপ্রান্ত আগুনে রাখিয়া অন্য প্রান্ত অনেকক্ষণ পর্যন্ত হাতে ধরিয়া রাখা যায়, কিন্তু লোহার দণ্ডের বেলাতে

অল্পক্ষণ পরেই অন্য প্রান্ত এত উত্তপ্ত হইয়া উঠিবে যে ধরিয়া রাখা সম্ভব হইবে না। সুতরাং লোহা যত সহজে তাপ পরিবহণ করিতে পারে কাঠ তাহা পারে না। এইজন্য বলা হয় লোহার পরিবাহিতা কাঠ অপেক্ষা বেশী।

যে-সমস্ত পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহণ করিতে পারে তাহাদের **সুপরিবাহী** (good conductor) বলে এবং যে-সমস্ত পদার্থ পারে না তাহাদের **কুপরিবাহী** (bad conductor) বলে। প্রায় সব ধাতুই সুপরিবাহী এবং কাঠ, কাচ, কাপড়, রবার প্রভৃতি কুপরিবাহী।

পরিবাহিতাঙ্ক ঃ

কোন্ পদার্থ কতটা তাপের পরিবাহী তাহা পরিমাণমূলক (quantitatively) ভাবে বুঝাইবার জন্য 'পরিবাহিতাঙ্ক' কথা ব্যবহৃত হয়। নিম্নলিখিত ব্যাখ্যা হইতে পদার্থের 'পরিবাহিতাঙ্ক' কথাটির অর্থ সুস্পষ্ট হইবে।



চিত্র 7খ

ধর, আমরা কোন পদার্থের একটি আয়তাকার প্লেট লইলাম। প্লেটটির ক্ষেত্রফল A, বেধ (thickness) d এবং দুই সমান্তরাল পৃষ্ঠের তাপমাত্রা t_1 এবং t_2 $(t_1 > t_2)$। এই অবস্থায় প্লেটটির উষ্ণ পৃষ্ঠ হইতে ঠাণ্ডা পৃষ্ঠের দিকে লম্বভাবে তাপ পরিবাহিত হইবে [চিত্র 7খ]। যদি ধরা যায় Q পরিমাণ তাপ পরিবাহিত হইল তাহা হইলে,

(i) এই তাপ ক্ষেত্রফলের (A) সমানুপাতিক, অর্থাৎ $Q \propto A$ (ii) বেধের (d) ব্যস্ত অনুপাতিক অর্থাৎ $Q \propto \frac{1}{d}$, (iii) তাপমাত্রা প্রভেদের $(t_1 - t_2)$ সমানুপাতিক অর্থাৎ $Q \propto (t_1 - t_2)$ এবং (iv) যে-সময় (T) ধরিয়া তাপ পরিবাহিত হইতে দেওয়া হয় তাহার সমানুপাতিক অর্থাৎ $Q \propto T$.

সুতরাং,

$$Q \propto \frac{A(t_1 - t_2)T}{d}$$

অথবা $$Q = \frac{K.A(t_1 - t_2)T}{d} \quad [\text{ K = ধ্রুবক }]$$

ধ্রুবক 'K'-কে উক্ত পদার্থের পরিবাহিতাঙ্ক (co-efficient of thermal conductivity or simply, thermal conductivity) বলা হয়।

যদি $A=1$, $(t_1-t_2)=1$, $T=1$, $d=1$ হয়, তবে $Q=K$ অর্থাৎ (একক বেধ ও একক ক্ষেত্রফলযুক্ত পদার্থখণ্ডের বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রাভেদ একক হইলে উহার মধ্য দিয়া এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে লম্বভাবে এক সেকেণ্ডে যে-তাপ প্রবাহিত হয় তাহা ঐ পদার্থের পরিবাহিতাঙ্কের সমান।) যেমন 'তামার পরিবাহিতাঙ্ক '92' বলিতে ইহাই বুঝাইবে যে এক সেণ্টিমিটার পুরু, এক বর্গ সেণ্টিমিটার ক্ষেত্রফলযুক্ত তামার খণ্ড লইয়া উহার বিপরীত পৃষ্ঠদ্বয়ের তাপমাত্রা প্রভেদ 1°C করিলে, এক সেকেণ্ডে ·92 ক্যালরি তাপ উহার মধ্য দিয়া এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে লম্বভাবে প্রবাহিত হইবে।

এই প্রসঙ্গে মনে রাখিতে হইবে যে, সি. জি. এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী,

Q-এর	একক	হইবে	Calorie.
A-	"	"	Sq. cm.
d-	"	"	Cm.
T-	"	"	Second.
t_1, t_2-	"	"	Centigrade.

এবং এফ. পি এস্. পদ্ধতি অনুযায়ী,

Q-এর	একক	হইবে	B. Th. U.
A-	"	"	Sq. ft.
d-	"	"	ft.
T-	"	"	Second.
$_1, t_2$-	"	"	Fahrenheit.

উদাহরণ ঃ

(1) একটি লোহার প্লেটের বেধ 4 mm এবং ক্ষেত্রফল 150 sq. cm ; উহার বিপরীত পৃষ্ঠদ্বয়ের তাপমাত্রা 100°C ও 30°C এবং এক সেকেণ্ডে এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে 3940 cal. তাপ প্রবাহিত হয়। লোহার পরিবাহিতাঙ্ক কত ?

[An iron plate is 4 mm. broad and its area is 150 sq. cm. The two opposite surfaces of the plate are at temperatures 100°C and 30°C and in 1 sec 3940 cal. of heat flow

from one surface to the other. What is the thermal conductivity of iron ?]

উ। এস্থলে $d = 4$ mm $= {\cdot}4$ cm ; $A = 150$ sq. cm. ;
$(t_1 - t_2) = 100° - 30° = 70°C$; $Q = 3940$ cal. ; $T = 1$ sec. ; $K = ?$

$$\text{আমরা জানি, } Q = \frac{K. A(t_1 - t_2)T}{d}$$

$$\text{অথবা, } 3940 = \frac{K. 150 \times 70 \times 1}{{\cdot}4}$$

$$\therefore \quad K = \frac{3940 \times {\cdot}4}{150 \times 70} = {\cdot}15 \text{ C. G. S. (প্রায়)}$$

(2) একটি ঘরের দেওয়ালের ক্ষেত্রফল 100 sq. metres এবং বেধ 50 cm ; ঘরের বাহিরের এবং ভিতরের তাপমাত্রা যথাক্রমে 35°C ও 25°C হইলে প্রতি সেকেণ্ডে দেওয়াল ভেদ করিয়া কত তাপ ঘরে প্রবেশ করিবে ? [দেওয়ালের সিমেণ্ট প্রভৃতির পরিবাহিতাঙ্ক = ·002]

[The wall of a room is 100 sq. metres in area and 50 cm thick. The temperatures outside and inside the room are 35°C and 25°C respectively. How much heat will flow per sec. through the wall from outside to inside ? The thermal conductivity of cement etc. = ·002]

উ। আমরা জানি, $Q = \frac{KA(t_1 - t_2)T}{d}$

এস্থলে $K = {\cdot}002$, $A = 100$ sq. metres $= 10^6$ sq. cm :
$d = 50$ cm , $(t_1 - t_2) = 10°C$; $T = 1$ sec.

$$\text{সুতরাং } Q = \frac{{\cdot}002 \times 10^6 \times 10 \times 1}{50} \text{ cal}$$

$$= 400 \text{ cal.}$$

(3) একটি লৌহ ঘনকের (cube) ক্ষেত্রফল 4 sq. cm এবং ইহার এক পাশ ষ্টীম ও অপর পাশ বরফের সহিত সংস্পর্শযুক্ত। 10 মিনিট সময়ে কতখানি বরফ গলিয়া যাইবে নির্ণয় কর। (লৌহের পরিবাহিতাঙ্ক = 0·2)।

[An iron cube having an area of 4 sq. cm. has one side in contact with steam and the opposite side with ice. Calculate the amount of ice that would melt in 10 minutes. Thermal conductivity of iron = 0·2.]

উ। ঘনকের ক্ষেত্রফল = 4 sq. cm ; সুতরাং উহার বেধ = 2 cm ; উহার দুই পাশের তাপমাত্রা যথাক্রমে 100°C (ষ্টীম) ও 0°C (বরফ)। সুতরাং উষ্ণ

প্রান্ত হইতে শীতল প্রান্তে যদি Q তাপ 10 মিনিট সময়ে প্রবাহিত হয় তবে,

$$Q = \frac{K.A\ (t_1 - t_2)\ T}{d}$$

$$= \frac{0{\cdot}2 \times 4 \times 100 \times 10 \times 60}{2}$$

$$= 24000 \text{ cal.}$$

আমরা জানি প্রতি গ্রাম বরফ গলিবার জন্য 80 cal তাপ প্রয়োজন। সুতরাং উপরোক্ত তাপে যে-বরফ গলিবে তাহার পরিমাণ $= \frac{24000}{80} = 300$ gms.

কয়েকটি পদার্থের পরিবাহিতাঙ্কের তালিকা

(সি. জি. এস্. পদ্ধতিতে)

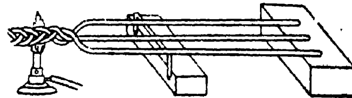
পদার্থ	পরিবাহিতাঙ্ক	পদার্থ	পরিবাহিতাঙ্ক
রূপা	·97	দস্তা	·26
সোনা	·70	সীসা	·08
তামা	·92	লোহা	·16
অ্যালুমিনিয়াম	·50	কাচ	·002

7-3. বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার তুলনা (Comparison of conductivities of different substances) :

নিম্নে বর্ণিত পরীক্ষাদ্বারা বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতার তুলনা করা যাইতে পারে।

পরীক্ষা :

(1) 50 সেন্টিমিটার লম্বা ও প্রায় তিন মিলিমিটার ব্যাসযুক্ত তামা, লোহা ও সীসার তিনটি তার লও। তার তিনটির একপ্রান্ত একসঙ্গে মোচড়াইয়া জুড়িয়া দাও এবং সেই প্রান্ত বার্নার দ্বারা উত্তপ্ত কর (7গ নং চিত্র)। তিন চার মিনিট পরে একটি দেশলাইয়ের কাঠি প্রত্যেক তারের গা বাহিয়া শীতল প্রান্ত হইতে উষ্ণপ্রান্তের দিকে লইয়া যাও। দেখিবে যে বিভিন্ন তারে বিভিন্ন জায়গাতে গিয়া দেশলাইয়ের কাঠি জ্বলিয়া উঠিবে। তামার তারে



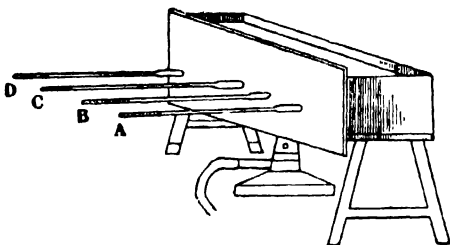
বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতা বিভিন্ন

চিত্র 7গ

সর্বাপেক্ষা কম দূর যাইতে হইবে, তারপর লোহার তার এবং সীসার তারে সর্বাপেক্ষা বেশী দূর যাইতে হইবে। ইহা প্রমাণ করে যে তামা সবচাইতে সহজে তাপ পরিবহণ করে—তারপর লোহা এবং সবশেষে সীসা।

(2) **Ingenhausz-এর পরীক্ষা :**

7ঘ নং চিত্রে এই পরীক্ষার ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে। A, B, C এবং D কতগুলি বিভিন্ন ধাতুর দণ্ড। ইহাদের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদ সমান এবং ইহাদের উপর সমানভাবে মোমের প্রলেপ লাগানো আছে। দণ্ডগুলি একটি ধাতব-পাত্রের ভিতর এমন ভাবে ঢুকানো যে পাত্রের ভিতরে প্রত্যেক দণ্ডের দৈর্ঘ্য সমান। ধাতবপাত্রে জল রাখিয়া ফুটাইলে প্রত্যেক দণ্ডের এক প্রান্ত ফুটন্ত জলের তাপমাত্রা পাইবে। অন্যপ্রান্ত শীতল বলিয়া দণ্ড বাহিয়া তাপ প্রবাহিত হইবে এবং তাহার ফলে দণ্ডের গায়ে যে-মোমের প্রলেপ লাগানো আছে তাহা গলিতে শুরু করিবে। যখন প্রত্যেক দণ্ডের উষ্ণতা স্থির অবস্থায় আসিবে তখন মোম গলা বন্ধ হইবে। দেখা যাইবে যে বিভিন্ন দণ্ডের মোম গলার দৈর্ঘ্য বিভিন্ন। যে-দণ্ডে মোম বেশী দূর গলিবে সেই দণ্ডের পরিবাহিতা বেশী।



Ingenhausz-এর পরীক্ষা ব্যবস্থা
চিত্র 7ঘ

দণ্ডগুলির পরিবাহিতাঙ্ক k_1, k_2, k_3 ইত্যাদি হইলে এবং মোমগলনের দৈর্ঘ্য যথাক্রমে l_1, l_2, l_3 ইত্যাদি হইলে, ইহা প্রমাণ করা যায় যে

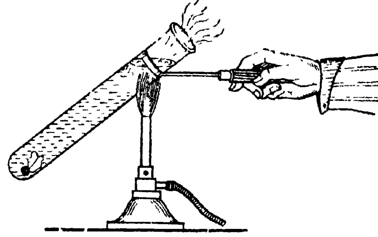
$$\frac{k_1}{l_1^2}=\frac{k_2}{l_2^2}=\frac{k_3}{l_3^2}= \cdots \text{ ইত্যাদি।}$$

যে-কোন একটি দণ্ডের পরিবাহিতাঙ্ক জানা থাকিলে উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে অন্য দণ্ডের পরিবাহিতাঙ্ক নির্ণয় করা যাইবে। তবে, উপরোক্ত সমীকরণ প্রতিষ্ঠা করিবার সময় দুইটি শর্ত আরোপ করা হয়। প্রথমত দণ্ড-গুলির প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল সমান হওয়া প্রয়োজন এবং দ্বিতীয়ত দণ্ডগুলির তাপ বিকিরণ ক্ষমতা (emissivity) সমান করিতে হইবে। তাপ বিকিরণ-ক্ষমতা বস্তুর পৃষ্ঠের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল বলিয়া প্রত্যেক দণ্ডের গায়ে সমান

ভাবে মোমের প্রলেপ লাগাইয়া উহাদের তাপ বিকিরণ ক্ষমতা সমান করিয়া লওয়া হয়। তাছাড়া দণ্ডগুলি এমনভাবে বাছাই করা হয় যে উহাদের প্রত্যেকের প্রস্থচ্ছেদ সমান।

7-4. জলের নিম্নপরিবাহিতা প্রদর্শনের পরীক্ষা (Experiment to show low conductivity of water) :

একটি লম্বা টেস্ট টিউব জলপূর্ণ কর। একখণ্ড বরফকে এক টুকরা লোহার সহিত আট্‌কাইয়া জলের ভিতর ছাড়িয়া দাও। লোহার টুক্‌রা ভারী বলিয়া উহার সহিত আটকানো বরফ জলের উপর ভাসিয়া উঠিবে না।

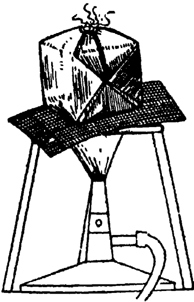

জল তাপের কুপরিবাহী
চিত্র 7ঙ

এইবার টেস্ট টিউবটিকে কাত করিয়া ধরিয়া (7ঙ নং চিত্র) টিউবের উপরের অংশ বুনসেন বার্নার দ্বারা গরম কর। সাবধানে পরীক্ষা চালাইলে দেখা যাইবে যে টিউবের উপরের অংশের জল ফুটিতেছে কিন্তু নীচের অংশের বরফ গলে নাই। অর্থাৎ জল তাপের কুপরিবাহী বলিয়া উপর হইতে নীচে তাপ পরিবহণ করিল না এবং তাহার জন্য বরফ টুক্‌রাটিও গলিতে পারিল না।

7-5. সুপরিবাহী ও কুপরিবাহীর দৃষ্টান্ত :

(1) **কাগজের পাত্র পরীক্ষা :**

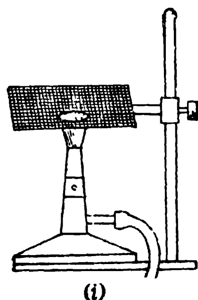
একটি পাতলা কাগজের পাত্র তৈরী করিয়া তাহাকে আংশিক জলপূর্ণ কর। ঐ জলকে তাপ প্রদান করিয়া কেট্‌লির জলের মত ফুটানো যাইবে কিন্তু কাগজ পুড়িবে না (7চ নং চিত্র)। ইহার কারণ এই যে পাতলা কাগজের মধ্য দিয়া তাপ শীঘ্র জলে চলিয়া যায়। কাজেই জল ক্রমশ উত্তপ্ত হইয়া ফুটিবে কিন্তু কাগজ যথেষ্ট গরম হইবে না এবং পুড়িবে না। কিন্তু পাত্রটি যদি মোটা কাগজের হয় তবে পুড়িয়া যাইবে কারণ

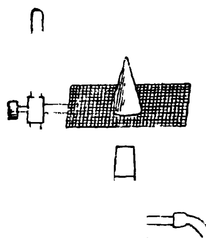

কাগজের পাত্র পরীক্ষা
চিত্র 7চ

মোটা কাগজের ভিতর দিয়া তাপ শীঘ্র যাইতে পারে না। অর্থাৎ, মোটা কাগজ তাপের কুপরিবাহী।

(2) অগ্নিশিখা ও তারের জাল পরীক্ষা ঃ

একটি জ্বলন্ত বুন্‌সের বার্নারের (অভাবে মোমবাতি) শিখার উপর একটি তামার তারের জাল চাপিয়া ধরিলে দেখা যাইবে যে শিখা জাল ভেদ করিয়া উপরে উঠিতে পারে না; জালের নীচে জ্বলিতে থাকে [7ছ (i) চিত্র]। ইহার কারণ এই যে তামা তাপের সুপরিবাহী। শিখা জালের সংস্পর্শে আসিবামাত্র জাল তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দেয়। ফলে জালের উপরের গ্যাস উত্তপ্ত হইতে পারে না এবং জ্বলনবিন্দুতে (ignition point) পৌঁছায় না।


(i)


(ii)

অগ্নিশিখা ও তারের জাল পরীক্ষা
চিত্র 7ছ

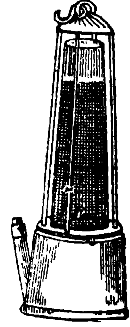
এইবার বার্নার নিভাইয়া বার্নারের কিছু উপরে জালটি রাখ এবং গ্যাস খুলিয়া দাও। গ্যাস জাল ভেদ করিয়া উপরে উঠিবে। উপরের অংশে আগুন দিয়া গ্যাস জ্বালাইলে দেখা যাইবে যে শিখা শুধু জালের উপরেই রহিল; নীচে প্রসারিত হইল না [7ছ (ii) চিত্র]। ইহার কারণও এই যে তামার জাল তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দেওয়াতে তলার গ্যাস জ্বলনবিন্দুতে পৌঁছায় না।

[দ্রষ্টব্য ঃ এই শেষের পরীক্ষাটি মোমবাতির দ্বারা হইবে না।]

(3) ডেভীর নিরাপত্তা বাতি (Davy's safety lamp) ঃ

পূর্ব বর্ণিত তামার জালের সুপরিবাহিতাকে প্রয়োগ করিয়া স্যার হাম্‌ফ্রে ডেভী এক নিরাপত্তা বাতির উদ্ভাবন করিয়াছিলেন। বিস্ফোরক গ্যাসপূর্ণ খনিতে এই বাতি ব্যবহার করা যাইতে পারে।

7জ নং চিত্রে এই বাতির আকৃতি দেখানো হইল। এই বাতির অগ্নিশিখাকে একটি ঠাস্-বুনন তামার জাল দিয়া ঘিরিয়া রাখা হয়। বিস্ফোরক গ্যাসপূর্ণ স্থানে এই বাতি জ্বালাইলে বাহির হইতে গ্যাস জাল ভেদ করিয়া বাতির ভিতরে অল্প অল্প ঢুকিবে এবং ভিতরের অগ্নি-সংস্পর্শে জ্বলিবে কিন্তু তামার জাল সুপরিবাহী বলিয়া তাপ চতুর্দিকে ছড়াইয়া দিবে এবং বাহিরের গ্যাসকে শীঘ্র জ্বলন-বিন্দুতে পৌঁছাইতে দিবে না। কাজেই কোন বিস্ফোরণ হইবে না। বিস্ফোরক গ্যাস বাতির ভিতর ঢুকিলে শিখার রং বদলাইয়া যায় এবং তাহা দ্বারা ঐ গ্যাস সম্বন্ধে খনির লোক সচেতন হয়। এই বাতিতে এমন পরিমাণ তেল লওয়া হয় যে বাহিরের গ্যাস অল্প অল্প উত্তপ্ত হইয়া যতক্ষণে জ্বলন বিন্দুতে পৌঁছায় ততক্ষণে তেলও নিঃশেষ হইয়া যায় এবং বাতি নিভিয়া যায়।



ডেভীর নিরাপত্তা বাতি
চিত্র 7জ

আজকাল খনিতে বৈদ্যুতিক বাতি ব্যবহার করা হয়। কিন্তু খনিতে বিস্ফোরক গ্যাস আছে কি-না তাহার পরীক্ষা ডেভীর নিরাপত্তা বাতি দ্বারাই করা হয়।

7-5. তাপ পরিবহণের কতকগুলি ব্যবহারিক দৃষ্টান্ত (Some practical illustrations of conduction of heat) ঃ

(1) শীতকালে আমরা যে গরম পোশাক ব্যবহার করি তাহা আসলে গরম নহে। যে-কোন তথাকথিত 'গরম' পোশাক ও অন্যান্য পোশাক থার্মোমিটার দ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উহাদের তাপমাত্রা সমান। তবে শীতকালে গরম পোশাক পরিলে শীত লাগে না বলিয়া উহাদের গরম বলা হয়। ঐ পোশাক পশমের তৈয়ারী বলিয়া উহার ভিতর অসংখ্য ছিদ্র থাকে এবং ঐ ছিদ্রগুলি বায়ুপূর্ণ থাকে। বায়ু তাপের কুপরিবাহী। সুতরাং পশমের পোশাক পরিলে উক্ত বায়ুস্তর আমাদের দেহের তাপকে বাহিরে যাইতে দেয় না। কাজেই দেহ গরম থাকে। কিন্তু সূতীবস্ত্রের আঁশগুলি আলগাভাবে থাকে না বলিয়া ইহাদের ভিতর বায়ুস্তরও থাকিতে পারে না। এই কারণে সূতীবস্ত্র কম তাপ-নিবারক।

√একই কারণে একটি জামা পরিলে শীতকালে যতটা আরাম বোধ হয় একটি জামার সমান পুরু কিন্তু দুইটি জামা গায়ে দিলে অনেক বেশী আরাম বোধ হয়। দুইটি জামা গায়ে দিলে দুই জামার মাঝখানে একটি বায়ুস্তর আবদ্ধ থাকে। এই

আবদ্ধ বায়ুস্তর চলাচল করিতে পারে না বলিয়া দেহের তাপ পরিচলন পদ্ধতিতে দেহের বাহিরে যাইতে পারে না ; আবার পরিবহণ প্রণালীতেও তাপ বাহিরে যাইতে পারে না কারণ বায়ু নিজে তাপের কু-পরিবাহী। ফলে, দেহের তাপ দেহে আবদ্ধ থাকে এবং বেশ আরাম বোধ হয়।

দুইটি জামায় বদলে সমান পুরু একটি জামা গায়ে দিলে ঐ জামার কাপড়ের আঁশগুলির মধ্যে যতটুকু বায়ু আটকা থাকে তাহাই তাপ চলাচলের বাধা সৃষ্টি করে। কাজেই দেহের তাপ তত ভালভাবে রক্ষিত হয় না।

তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ যে নতুন লেপ গায়ে দিলে যত আরাম বোধ হয় পুরাতন লেপে তত হয় না। ইহার কারণও একই। নতুন লেপের তুলার ভিতর যথেষ্ট বায়ু আবদ্ধ থাকে কিন্তু পুরাতন লেপে তুলাগুলি পিষ্ট হইবার জন্য তত বায়ু থাকে না।

(2) কাচের বোতলের ছিপি বোতলের মুখে শক্তভাবে আটকাইয়া গেলে বোতলের মুখ একটু গরম করিলেই ছিপি আল্‌গা হয়।

ইহার কারণ এই যে কাচ তাপের কুপরিবাহী। তাপ পাইয়া বোতলের মুখ প্রসারিত হয় কিন্তু কাচ সেই তাপ ছিপিতে পরিবহণ করিতে বেশ কিছু সময় নেয়। ফলে ছিপি প্রসারিত হয় না এবং আল্‌গা হইয়া যায়।

(3) কোন ঠাণ্ডা ঘরের ধাতব বস্তুতে হাত দিলে বেশ শীতল মনে হয়, কিন্তু কাঠের জিনিস তত শীতল মনে হয় না, যদিও থার্মোমিটারের সাহায্যে দেখানো যাইতে পারে যে উভয় বস্তুরই তাপমাত্রা এক। ইহার কারণ এই যে, ধাতব বস্তু তাপের সুপরিবাহী বলিয়া হাত হইতে শীঘ্র তাপ টানিয়া লয়। সেইজন্য ধাতববস্তু স্পর্শ করিলেই ঠাণ্ডার অনুভূতি হয়। কিন্তু কাঠ তাপের সুপরিবাহী নয় বলিয়া ঐরূপ ঠাণ্ডার অনুভূতি হয় না।

ঠিক একই কারণে একখণ্ড লোহা ও একখণ্ড কাঠ বাহিরের রৌদ্রে কিছুক্ষণ ফেলিয়া রাখার পর স্পর্শ করিলে লোহা বেশী গরম বলিয়া মনে হইবে, যদিও উভয়ের তাপমাত্রা সমান।

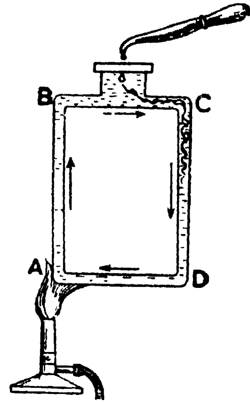
(4) কেট্‌লির হাতলে বেত জড়ানো থাকে এবং ফুটন্ত জলপূর্ণ কেট্‌লি ঐ হাতলদ্বারা ধরিলে বেশী গরম লাগে না। ইহার কারণ এই যে বেত তাপের কুপরিবাহী।

(5) বরফের টুক্‌রাকে সাধারণত কাঠের গুঁড়া দিয়া ঢাকিয়া রাখা হয় এবং ঐ অবস্থায় বরফ না গলিয়া অনেকক্ষণ থাকে। ইহার কারণ কাঠের গুঁড়া

তাপের কুপরিবাহী। বাহির হইতে তাপ গুঁড়া ভেদ করিয়া বরফে পৌঁছায় না। সুতরাং বরফও গলে না।

7-6. তাপ পরিচলনের কয়েকটি পরীক্ষা :

(1) 7ঝ নং চিত্রে প্রদর্শিত পাত্রের মত একটি চতুষ্কোণ কাচের পাত্র লইয়া জলপূর্ণ কর। পাত্রের মুখে এক টুক্‌রা নীল ছাড়িয়া দিয়া যে কোন লম্বা বাহুতে (ধর AB) তলা হইতে তাপ প্রয়োগ কর। দেখিবে AB বাহু দিয়া পরিষ্কার জল উপরে উঠিবে এবং CD বাহু দিয়া নীল জল নীচে নামিবে এবং এইভাবে একটি জলস্রোতের সৃষ্টি হইবে। কিছুক্ষণ পরে সমস্ত জল একই তাপমাত্রায় আসিবে। উত্তপ্ত জলের স্রোত দ্বারা তাপের এই সঞ্চালনকে **পরিচলন** বলে এবং এই স্রোতকে **পরিচলন স্রোত** (convection current) বলে।

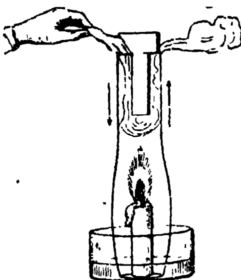


জলে পরিচলন স্রোত

চিত্র 7ঝ

(2) জলের মত বায়ুতেও পরিচলন স্রোত সৃষ্টি হয়। নিম্নলিখিত পরীক্ষাদ্বারা বায়ুতে পরিচলন স্রোত দেখানো যাইবে।

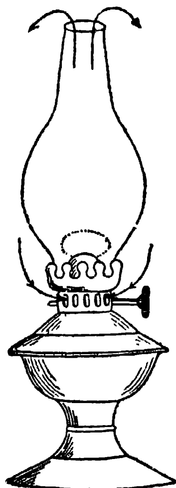
একটি পাত্রে কিছু জল ঢালিয়া উহার মধ্যে একটি জ্বলন্ত মোমবাতি বসাও। বাতিটিকে একটি কাচের চিম্‌নি দিয়া এমনভাবে ঢাকিয়া দাও যেন চিমনির তলদেশ জলে ডুবিয়া থাকে (7ঞ নং চিত্র)। দেখিবে শিখাটি আস্তে আস্তে ক্ষীণ হইয়া নিভিয়া যাইবে। কারণ চিম্‌নির ভিতরের হাওয়ার অক্সিজেন পুড়িয়া গেলে নতুন হাওয়া তলা দিয়া জলভেদ করিয়া আসিতে পারে না। কাজেই চলাচলের পথ বন্ধ হইয়া যাওয়াতে বায়ুতে পরিচলন স্রোতের সৃষ্টি হয় না। সেইজন্য কিছুক্ষণ পরে শিখাটি নিভিয়া যায়।


বায়ুতে পরিচলন স্রোত

চিত্র 7ঞ

এইবার বাতিটিকে পুনরায় জ্বালিয়া একটি মোটা কাগজকে T অক্ষরের মতন কাটিয়া ছবিতে যেমন দেখানো হইয়াছে তেমনি চিমনির মুখে রাখ। ইহা চিম্‌নিকে দুইটি প্রকোষ্ঠে ভাগ করিবে।

ইহাতে চিম্‌নির ভিতরে পরিচলন স্রোতের সৃষ্টি হইবে এবং বাতি জ্বলিতে থাকিবে। একখণ্ড ব্লটিং কাগজ তার্পিন তেলে ভিজাইয়া শুষ্ক কর এবং উহাতে অগ্নিসংযোগ কর। কাগজটি প্রচুর ধূম সৃষ্টি করিবে। এই ধূমায়মান কাগজকে চিম্‌নির মুখে ধরিলে দেখিবে যে ধূম T কাগজের একপাশ দিয়া চিম্‌নিতে প্রবেশ করিতেছে এবং অপর পাশ দিয়া বাহির হইয়া যাইতেছে। এই ধোঁয়ার গতি প্রমাণ করে যে চিম্‌নির ভিতরে বায়ুর পরিচলন স্রোত সৃষ্টি হইয়াছে। ইহাতে শিখাটি অক্সিজেন পাইয়া অনেকক্ষণ জ্বলিতে থাকে।



টেব্‌ল ল্যাম্প জ্বলিবার জন্য বায়ুতে পরিচলন স্রোত প্রয়োজন
চিত্র 7ট

(3) টেব্‌ল ল্যাম্প বা হ্যারিকেন লণ্ঠন জ্বলিবার পিছনেও বায়ুর এই পরিচলন স্রোত দায়ী। লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে বাতির চিম্‌নি যে ফ্রেমের সহিত আট্‌কানো তাহাতে কয়েকটি ছিদ্র আছে। যখন বাতি জ্বলে তখন বাতির উপরকার বায়ু গরম হইয়া উপরে উঠে এবং পাশের ঠাণ্ডা হাওয়া এই ছিদ্র দিয়া চিম্‌নিতে প্রবেশ করে এবং অক্সিজেন সরবরাহ করে [চিত্র 7ট]। তখন শিখা জ্বলিতে থাকে।

এই ছিদ্রগুলি যদি মোম দিয়া বন্ধ করা যায় তবে নতুন হাওয়া ঢুকিতে পারে না এবং শিখাটি কিছুক্ষণ জ্বলিয়া পরে নিভিয়া যায়।

(4) একটি জ্বলন্ত উনুনের ঠিক উপরে কিছুদূরে হাত রাখিলে যতটা গরম বোধ হয় সমান দূরে উনুনের পাশে হাত রাখিলে ততটা গরম বোধ হয় না। ইহার কারণ এই যে উনুনের উপরের বায়ু উত্তপ্ত হইয়া হাল্‌কা হয় এবং উপরে উঠিয়া যায় এবং একটি পরিচলন স্রোতের সৃষ্টি করে। ইহাতে উপরের বায়ু দ্রুত উত্তপ্ত হইয়া পড়ে এবং হাতে বেশ গরম লাগে।

উনুনের পাশে তাপ সঞ্চালিত হইবার জন্য পরিবহণ ও বিকিরণ দায়ী। কিন্তু বায়ু তাপের কুপরিবাহী বলিয়া পরিবহণ প্রণালীতে বিশেষ কিছু তাপ সঞ্চালিত হইবে না। যে-টুকু তাপ সঞ্চালিত হইবে তাহা বিকিরণের দরুন হইবে। তাছাড়া, পরিচলন স্রোতের জন্য আশপাশ হইতে ঠাণ্ডা বায়ু উনুনের দিকে অগ্রসর হইয়া উনুনের পাশের তাপ অনেক হ্রাস করিয়া দেয়।

7-7. গার্হস্থ্য কার্যে ও প্রকৃতিতে পরিচলন প্রক্রিয়ার প্রয়োগ (Practical applications of convection of heat in domestic purpose and nature) :

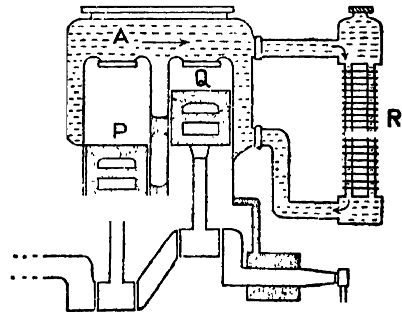
উষ্ণ বায়ুদ্বারা ঘর গরম রাখা :

শীতপ্রধান দেশে বাড়ীঘর গরম রাখার জন্য উষ্ণ বায়ুর পরিচলন স্রোতকে কাজে লাগানো হয়। বাহির হইতে হাওয়া পাইপ দিয়া ঘরে আনিয়া ঘর গরম করা হয়। হাওয়া গরম হাওয়াতে হাল্‌কা হইয়া উপরে উঠিতে চায় এবং ইহাকে পাইপের সাহায্যে বিভিন্ন ঘরে লইয়া যাওয়া হয়। ফলে ঐ ঘরগুলি গরম থাকে। হাওয়া তাপ ছাড়িয়া ঠাণ্ডা হইলে ভারী হইয়া পড়ে। তখন উহা আবার নীচে আসে এবং উহাকে পুনরায় গরম করা হয়। এইভাবে বায়ুতে পরিচলন স্রোত সৃষ্টি করিয়া ঘরবাড়ী গরম রাখা হয়। এই ধরনের ব্যবস্থাকে 'central heating' বলে।

(2) **মোটর গাড়ীর এঞ্জিন শীতলীকরণ ব্যবস্থা** (Cooling system of an automobile engine) :

মোটর গাড়ীর এঞ্জিনের সিলিণ্ডারের ভিতর পিস্টন (নিচের চিত্রে P, Q প্রভৃতি) ওঠানামা করার সময় পেট্রল বাষ্পের দহন হয়। তাহার ফলে প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়। এই কারণে সিলিণ্ডারগুলিকে শীতল রাখিবার জন্য ব্যবস্থা করা হয়। 7ঠ নং চিত্রে এই শীতলীকরণ ব্যবস্থা দেখানো হইয়াছে।

A একটি জলাধার যাহা সিলিণ্ডারগুলিকে বেষ্টন করিয়া থাকে। এই জলাধারের একপ্রান্ত তাপ-বিকিরক (radiator) R-এর ঊর্ধ্বাংশের সহিত এবং অপর প্রান্ত নিম্নাংশের সহিত যুক্ত। এই বিকিরক একটি ফাঁপা ধাতব চোঙ। ইহার গায়ে কতকগুলি ধাতু-নির্মিত পাখ্‌নাবিশেষ (fins) যুক্ত থাকে। ইহারা বিকিরক-তলের (radiating surface) ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করে। ইহাতে দ্রুত তাপ-ত্যাগের সুবিধা হয়। সিলিণ্ডারের তাপ জলে সঞ্চালিত হইবার ফলে জল উত্তপ্ত



মোটর গাড়ীর রেডিয়েটর
চিত্র 7ঠ

হয় এবং এই উষ্ণ জল বিকিরকের মধ্য নিয়া নীচে প্রবাহিত হইবার সময় তাপ ছাড়িয়া দিয়া ঠাণ্ডা হইয়া যায়। এইভাবে ক্রমাগত জলের পরিচলন স্রোতের দ্বারা সিলিণ্ডারগুলিকে শীতল রাখা হয়।

(3) **ঘরে বায়ু চলাচল** (Ventilation in a room) :

বায়ুতে পরিচলন-স্রোতের সৃষ্টির জন্য ঘরে বায়ু চলাচল প্রক্রিয়া সম্ভব হয়। ঘরে বেশী লোক থাকিলে তাহাদের নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসে বা আগুন জ্বালিয়া রাখিলে ঘরের বায়ু দূষিত হয়। এই দূষিত ও উত্তপ্ত বায়ু হাল্‌কা হওয়ায় উপরে উঠিয়া যায় এবং ঘুলঘুলি দিয়া বাহির হইয়া যায়। বাহির হইতে ঠাণ্ডা ও পরিষ্কার বায়ু জানালা-দরজা দিয়া ঘরে প্রবেশ করে। ইহাতে ঘরের বায়ুমণ্ডল বিশুদ্ধ থাকে।

ঘরের দরজা-জানালা বন্ধ করিয়া বায়ু চলাচলের পথ সম্পূর্ণ রুদ্ধ করিয়া যদি কেহ বাতি জ্বালাইয়া রাত্রিতে নিদ্রা যায় তবে তাহার প্রাণহানির আশঙ্কা থাকে। এই ধরনের দুর্ঘটনার সংবাদ তোমরা হয়ত শুনিয়াছ। ইহার কারণ এই যে নিঃশ্বাস-প্রশ্বাসে ও বাতি জ্বালিবার ফলে রুদ্ধ-গৃহের অক্সিজেন শীঘ্র নিঃশেষিত হইয়া যায় এবং বায়ু চলাচলের পথ না থাকায় বাহির হইতে পরিষ্কার বায়ু অক্সিজেন সরবরাহ করিতে পারে না। তাই অক্সিজেন অভাবে লোকের মৃত্যু হয়।

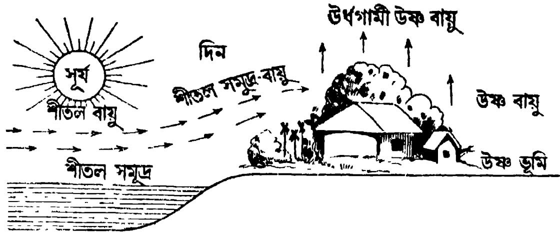
(4) **বায়ু-প্রবাহ** (Wind) :

নানা সময়ে ভূপৃষ্ঠের বিভিন্ন স্থানের উষ্ণতা বিভিন্ন হয়। ইহার জন্য বায়ু-মণ্ডলের উষ্ণতা ও আর্দ্রতাও বিভিন্ন হয়। উষ্ণ বাষ্পপূর্ণ বায়ু হাল্‌কা হইয়া উপরে উঠে এবং পার্শ্ববর্তী ঠাণ্ডা স্থান হইতে অপেক্ষাকৃত শীতল ও শুষ্ক বায়ু উক্ত স্থানে প্রবাহিত হয়। এই কারণে প্রকৃতিতে মৌসুমী বায়ু, বাণিজ্য বায়ু প্রভৃতি নানাপ্রকারের বায়ুপ্রবাহ সৃষ্টি হয়।

(5) **স্থলবায়ু ও সমুদ্রবায়ু** (Land and Sea breeze) :

প্রকৃতিতে বায়ুর পরিচলন স্রোতের জন্য স্থল-বায়ু ও সমুদ্র-বায়ুর সৃষ্টি হয়। জল অপেক্ষা স্থলের আপেক্ষিক তাপ কম। কাজেই, দিনের বেলাতে স্থল জল অপেক্ষা বেশী উত্তপ্ত হয় এবং তৎসংলগ্ন হাওয়া গরম হইয়া উপরে উঠে ও সমুদ্র হইতে ঠাণ্ডা হাওয়া স্থলের দিকে প্রবাহিত হয়। ইহাকে **সমুদ্রবায়ু** বলে

[চিত্র 7ড (i)]। ইহা দিনের বেলায় প্রবাহিত হয় এবং সন্ধ্যার দিকে সর্বাপেক্ষা প্রবল হয়।



সমুদ্রবায়ু

চিত্র 7ড (i)

রাত্রে জল অপেক্ষা স্থল দ্রুত ঠাণ্ডা হইয়া পড়ে। সুতরাং সমুদ্রের উপর গরম হাওয়া উপরে উঠিয়া যায় এবং স্থল হইতে অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা হাওয়া



স্থলবায়ু

চিত্র 7ড (ii)

সমুদ্রের দিকে প্রবাহিত হয়। ইহাকে বলে [চিত্র 7ড (ii)]। ইহা ভোরের দিকে সর্বাপেক্ষা প্রবল হয়।

7-8. বিকীর্ণ তাপের ধর্ম (Properties of radiant heat):

পূর্বে বলা হইয়াছে যে কোন জড় মাধ্যমের সাহায্য না লইয়া অথবা জড় মাধ্যম থাকিলে তাহাকে উত্তপ্ত না করিয়া যে-প্রণালীতে তাপ একস্থান হইতে অন্য স্থানে সঞ্চালিত হয় তাহাকে বিকিরণ বলে। সূর্য হইতে এই প্রণালীদ্বারা তাপ পৃথিবীতে পৌঁছায়।

প্রকৃতপক্ষে যে-কোন উত্তপ্ত বস্তুই তাপ বিকিরণ করে এবং এই বিকীর্ণ তাপের সঙ্গে আলোকের সাদৃশ্য আছে। নিম্নে বর্ণিত ধর্মগুলি হইতে এই সাদৃশ্য বোঝা যাইবে।

(1) আলোকের ন্যায় বিকীর্ণ তাপ উত্তপ্ত বস্তু হইতে চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়ে। একটি উত্তপ্ত ধাতব বলের চতুর্দিকে হাত ঘুরাইলে উপরোক্ত বাক্যের সত্যতা প্রমাণিত হইবে।

(2) বিকীর্ণ তাপ আলোকের ন্যায় শূন্যস্থান দিয়া চলাচল করিতে পারে। ইহার প্রমাণ সূর্য হইতে পৃথিবীতে তাপ পৌছানো, কারণ, সূর্য ও পৃথিবীর ভিতর বেশীর ভাগ জায়গা শূন্য।

(3) আলোকের ন্যায় বিকীর্ণ তাপ সরলরেখায় চলে। ইহার ফলেই ছাতা খুলিয়া সূর্যের তাপ হইতে দেহরক্ষা করা যায়।

(4) আলোকের ন্যায় বিকীর্ণ তাপেরও প্রতিফলন ও প্রতিসরণ হয়। লেনস্ দ্বারা সূর্যরশ্মি প্রতিসৃত করিয়া কাগজ পোড়ানো তোমরা অনেকেই দেখিয়াছ।

(5) বিকীর্ণ তাপের গতিবেগ আলোকের গতিবেগের সমান।

7-9. বিকীর্ণ তাপের প্রকৃতি (Nature of radiant heat) :

পূর্বের অনুচ্ছেদে বিকীর্ণ তাপের ধর্ম আলোচনা করার সময় বলা হইয়াছে ইহার সহিত আলোকের সাদৃশ্য আছে। বস্তুত বিকীর্ণ তাপ ও আলোক অভিন্ন। ইহারা একটি সাধারণ গোষ্ঠীর অন্তর্গত। এই গোষ্ঠীকে বলা হয় তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ (electro-magnetic waves) গোষ্ঠী। গামারশ্মি, রঞ্জনরশ্মি, দৃশ্যমান আলোক, বিকীর্ণ তাপ, বেতার-তরঙ্গ—ইহারা সকলেই এই গোষ্ঠীভুক্ত। ইহারা সকলেই ইথার মাধ্যমে প্রতি সেকেণ্ডে প্রায় 186,000 মাইল বেগে চলাচল করে। ইহাদের মধ্যে তফাৎ শুধু তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যে। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য 5 metres হইতে 25,000 metres হইলে উহাকে বেতার-তরঙ্গ বলা হয় এবং উহা দ্বারা বেতার-যন্ত্রের কাজ হয়। এই তরঙ্গ আমাদের চোখে আলোকের বা দেহে তাপের অনুভূতি সৃষ্টি করে না। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য আরো ক্ষুদ্র হইয়া 4×10^{-2} cm এবং 8×10^{-5} cm-এর মধ্যবর্তী হইলে উহা তাপানুভূতির সৃষ্টি করিবে। তখন উহাকে বিকীর্ণ তাপ তরঙ্গ বলা হইবে। তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য ক্রমশ ছোট হইতে থাকিলে উহা যথাক্রমে দৃশ্যমান আলো, রঞ্জনরশ্মি ইত্যাদি উৎপন্ন করে।

কোন বস্তু কম উত্তপ্ত হইলে—অর্থাৎ লাল টকটকে হইবার পূর্ব পর্যন্ত—ইহা হইতে অপেক্ষাকৃত দীর্ঘ তাপ-তরঙ্গ নির্গত হয়। এই বিকীর্ণ তাপ তরঙ্গকে **অবলোহিত তরঙ্গ** (infra-red waves) এই নামেও অভিহিত করা হয়। এই অবলোহিত তরঙ্গের অনেক ব্যবহারিক প্রয়োগ আছে। বস্তুটি উত্তপ্ত হইয়া লাল টকটকে হইলে উহা হইতে তাপ-তরঙ্গ ছাড়া লোহিত বর্ণের আলোকতরঙ্গও উৎপন্ন হয়। দৃশ্যমান আলোক তরঙ্গগুলির ভিতর লোহিত বর্ণের তরঙ্গের দৈর্ঘ্য সর্বাপেক্ষা বেশী। এই কারণে উত্তপ্ত বস্তুটিকে লাল দেখায়। বস্তুটি আরো উত্তপ্ত হইয়া শ্বেত-তপ্ত (white-hot) হইলে উহা তাপ-তরঙ্গ ছাড়া সকল বর্ণ সৃষ্টিকারী দৃশ্যমান আলোকতরঙ্গগুলিও সৃষ্টি করে। সকল বর্ণের সংমিশ্রণে তখন বস্তুটি সাদা দেখায়।

7-10. বিকিরণ ও শোষণ সম্পর্কে কয়েকটি প্রয়োজনীয় উদাহরণ (Some important illustrations in connection with radiation and absorption) :

প্রত্যেক পদার্থেরই তাপ বিকিরণ ও শোষণ করিবার ক্ষমতা আছে। ইহা পদার্থের কয়েকটি উপাদানের (factors) উপর নির্ভর করে—যেমন, বস্তুটির তাপমাত্রা এবং পরিপার্শ্বের তাপমাত্রা, বস্তুটির পৃষ্ঠের প্রকৃতি, বস্তুটি কি পদার্থে তৈয়ারী ইত্যাদি। ইহা সহজেই প্রমাণ করা যায় যে যে-পদার্থ উত্তম বিকিরক তাহা উত্তম শোষকও বটে। আবার, যে পদার্থ উত্তম বিকিরক নয়, শোষক হিসাবেও তাহা উত্তম নয়। যেমন কৃষ্ণ বস্তু (black body) তাপের উত্তম বিকিরক এবং শোষক কিন্তু চক্‌চকে বস্তু তাপের মন্দ বিকিরক এবং মন্দ শোষক। বিকিরণ এবং শোষণ সম্পর্কে কয়েকটি প্রয়োজনীয় উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

(1) হাড়ির তলা চক্‌চকে থাকিলে তাহাতে জল গরম করিতে যে-সময় লাগে তলা কালো এবং অমসৃণ থাকিলে অনেক কম সময়ে জল গরম হয়। কালো এবং অমসৃণ হওয়ায় হাড়ির ঐ তল আগুন হইতে বেশী তাপ শোষণ করিবে কিন্তু চক্‌চকে হইলে অনেক কম তাপ শোষণ করিবে। বেশীর ভাগ তাপ চকচকে তল হইতে প্রতিফলিত হইয়া যাইবে। সুতরাং জল গরম হইতে সময়ের তারতম্য হইবে। তোমরা হয়ত লক্ষ্য করিয়াছ যে বাড়ীতে ভাত রাঁধিবার ধাতব হাড়ির তলা মাটি দিয়া লেপিয়া দেওয়া হয় এবং আগুনে পুড়িয়া উহা কালো হইয়া থাকে। ইহাতে রন্ধনদ্রব্য দ্রুত তাপ পাইয়া সিদ্ধ হয়।

একই কারণে চক্‌চকে পালিশ করা জুতা পরিলে আরাম বোধ হয়।

(2) শীতকালে কালো রংয়ের জামা গায়ে দেওয়া এবং গরম কালে সাদা জামা গায়ে দেওয়া আরামপ্রদ, ইহা তোমরা লক্ষ্য করিয়াছ কি? কালো জামা সূর্য হইতে বিকীর্ণ তাপ শোষণ করিয়া দেহকে উত্তপ্ত রাখে। তাই শীতকালে কালো জামা গায়ে দিলে দেহ গরম থাকে এবং আরাম অনুভব করা যায়। আবার গরম কালে সাদা জামা সূর্য কিরণের বেশীর ভাগ প্রতিফলিত করিয়া দেয়—খুব অল্প অংশ শোষণ করে। তাই দেহ বিশেষ গরম হইতে পারে না।

(3) ছাতার কাপড় কালো রংয়ের করা হয় তাহা তোমরা নিশ্চয়ই দেখিয়াছ। ইহার কারণ আছে। কৃষ্ণ বস্তু উত্তম বিকিরক বলিয়া ছাতার কালো কাপড়ে সূর্য রশ্মি পড়িলে তাপ চতুর্দিকে বিকীর্ণ হইয়া যায়। বিকীর্ণ তাপ বায়ুর ভিতর দিয়া চলাচল করিলে বায়ু উত্তপ্ত হয় না। তাই গ্রীষ্মকালে রৌদ্রের ভিতর ছাতা খুলিয়া চলিলে তত গরম বোধ হয় না।

(4) শুষ্ক বায়ু আর্দ্র বায়ু অপেক্ষা কম তাপ শোষণ করে—অর্থাৎ শুষ্ক বায়ু তাপের মন্দ শোষক। তাই, শীতকালে, যেদিন মেঘলা থাকে সেদিন বায়ু খুব আর্দ্র হইয়া পড়ে। ফলে বায়ু বেশী তাপ শোষণ করিয়া উত্তপ্ত হয় এবং সেদিন তেমন শীত অনুভূত হয় না। আবার যেদিন আকাশ পরিষ্কার থাকে, বায়ুও শুষ্ক হয় এবং কম তাপ শোষণ করে। তাই সেদিন শীতের প্রকোপ বেশী হয়।

(5) দুইটি থার্মোমিটার লইয়া একটির কুণ্ডে ঝুল মাখাইয়া কৃষ্ণবর্ণ কর এবং অপরটির কুণ্ডে একটু রূপার প্রলেপ দিয়া চকচকে কর। এখন দুইটি থার্মোমিটারকে পাশাপাশি রৌদ্রে রাখিয়া দিলে কিছুক্ষণ পরে দেখিতে পাইবে যে প্রথম থার্মোমিটারের পাঠ দ্বিতীয়টি হইতে বেশী হইয়াছে। ইহা প্রমাণ করে যে একই পারিপার্শ্বিক অবস্থায় থাকিয়া কৃষ্ণবস্তু চকচকে বস্তু অপেক্ষা বেশী তাপ শোষণ করিবার ক্ষমতা রাখে।

7-10. থার্মোফ্লাস্ক (Thermos flask) :

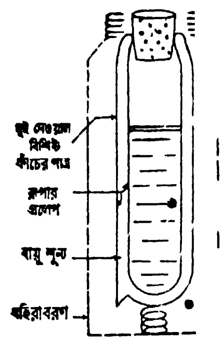
এই ফ্লাস্কে কোন উষ্ণ তরল (চা, দুধ প্রভৃতি) বহুক্ষণ উষ্ণ থাকে কিংবা কোন ঠাণ্ডা তরল বহুক্ষণ ঠাণ্ডা থাকে। ইহার কারণ এই যে, ইহার নির্মাণ-

কৌশল বাহির হইতে ভিতরের সহিত তাপ সঞ্চালনের তিনপ্রকার প্রণালীকেই নিবারণ করে। সুতরাং উষ্ণ তরল তাপ ধরিয়া রাখে আবার ঠাণ্ডা তরল বাহির হইতে তাপ লয় না।

7চ নং চিত্রে এই ফ্লাস্কের ছবি এবং 7ণ নং চিত্রে ইহার নক্‌শা দেখানো হইল। ইহা একটি দুই দেওয়াল বিশিষ্ট কাচের পাত্র। গলার দিক্‌টা একটু সরু এবং মুখ কর্কদ্বারা বন্ধ করা যায়। এই কাচের পাত্রটি অপরটি একটি ধাতব পাত্রের আবরণের ভিতর রাখা হয় এবং উভয়ের ভিতর একটি স্প্রীং দেওয়া থাকে। ইহাতে বাহিরের আঘাতে কাচপাত্রটি ভাঙ্গিতে পারে না। কাচের পাত্রের দুই দেওয়ালের মধ্যবর্তী স্থান যথাসম্ভব বায়ুশূন্য করা হয় এবং বাহিরের দেওয়ালে ভিতরের দিক্‌ ও ভিতরের দেওয়ালে বাহিরের দিক্‌ খুব পালিশ করা ও রূপার প্রলেপ দেওয়া থাকে।



থার্মোফ্লাস্ক
চিত্র 7চ



থার্মোফ্লাস্কের নক্‌শা
চিত্র 7ণ

কাচ তাপের কুপরিবাহী হওয়াতে এই পাত্র হইতে পরিবহণ প্রণালীতে তাপের সঞ্চালন হয় না। দুই দেওয়ালের মধ্যবর্তী স্থান বায়ুশূন্য করাতে পরিচলন প্রণালীতেও তাপ সঞ্চালন সম্ভব নয়। উপরন্তু দুই দেওয়াল মসৃণ ও রূপার প্রলেপ-যুক্ত হওয়াতে বিকিরণের দ্বারা তাপ সঞ্চালনও নিবারিত হয়।

শুধু পাত্রের মুখের ছিপি দ্বারা একটু তাপ পরিবহণ হইতে পারে। এইজন্য মুখ তাপের কুপরিবাহী কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়।

সুতরাং সকল রকম উপায়ে তাপের আদানপ্রদান বন্ধ হইবার জন্য ইহার অভ্যন্তরস্থ উষ্ণ তরল উষ্ণই থাকিবে অথবা শীতল তরল শীতলই থাকিবে।

সারাংশ

তাপ সঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতি : (1) পরিবহণ, (2) পরিচলন ও (3) বিকিরণ।

পরিবাহিতা : তাপ পরিবহণের গুণকে পরিবাহিতা বলে। বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতা বিভিন্ন। যে-পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহণ করে তাহাকে সুপরিবাহী বলে ; যেমন লোহা, তামা ইত্যাদি। যে-পদার্থ খুব সহজে তাপ পরিবহণ করে না তাহাকে কুপরিবাহী বলে ; যেমন—জল, কাচ, কাগজ ইত্যাদি।

একক বেধ ও একক ক্ষেত্রফল-বিশিষ্ট কোন পদার্থখণ্ডের দুই বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রা ভেদ একক হইলে এক সেকেণ্ডে যতখানি তাপ এক পৃষ্ঠ হইতে অপর পৃষ্ঠে লম্বভাবে প্রবাহিত হয় তাহাকে উক্ত পদার্থের পরিবাহিতাঙ্ক বলে।

ডেভীর নিরাপত্তা বাতি তামার সুপরিবাহিতাকে প্রয়োগ করিয়া নির্মিত হইয়াছে। ইহা দ্বারা বিস্ফোরক গ্যাসপূর্ণ খনিতে আলো জ্বালা চলে অথচ বিস্ফোরণের কোন ভয় থাকে না। তাপ পরিচলন প্রক্রিয়াকে প্রয়োগ করিয়া ঘরবাড়ী গরম রাখা হয়। প্রকৃতিতে ইহার প্রয়োগের ফলে ঘরে বায়ুচলাচল, বায়ুপ্রবাহ, স্থলবায়ু ও সমুদ্র-বায়ু প্রভৃতির সৃষ্টি হয়।

বিকীর্ণ তাপের ধর্ম আলোকের ধর্মের অনুরূপ। ইহা তড়িৎ-চুম্বকীয় তরঙ্গ গোষ্ঠীর অন্তর্গত।

• থার্মো ফ্লাস্ক এমন একটি পাত্র যাহা উষ্ণ তরল বহুক্ষণ উষ্ণ রাখে আবার শীতল তরল অনেকক্ষণ শীতল রাখে। ইহার নির্মাণ-কৌশল তাপসঞ্চালনের তিনটি পদ্ধতিকে নিবারণ করে।

প্রশ্নাবলী

1. তাপ সঞ্চালনের বিভিন্ন পদ্ধতি কি? ইহাদের উদাহরণ সহযোগে বুঝাইয়া দাও। ইহাদের ভিতর পার্থক্য কি?

[What are the different modes of transference of heat ? Explain them with illustrations. What is the difference between them ?]

[*H. S. (comp.) 1960, (comp.) '61. H. S. Exam. 1962*].

2. 'পরিবাহিতা' ও 'পরিবাহিতাঙ্ক' কাহাকে বলে? বিভিন্ন দ্রব্যের পরিবাহিতা বিভিন্ন কি? পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[What are 'conductivity' and 'thermal conductivity' ? Are the conductivities of different substances different ? Explain by means of an experiment.] [cf. *H. S. Exam. 1962*]

3. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর দাও :—(ক) রৌদ্রে রাখা এক টুকরা লোহা ও একখণ্ড কাঠ স্পর্শ করিলে কোন্‌টি বেশী গরম মনে হয় এবং কেন? (খ) একটি বার্নারের উপর তামার

তারের জাল রাখিয়া জালের উপরে অগ্নিসংযোগ করিলে শিখা উপরেই থাকে—নীচে যায় না : কেন ? (গ) পশমের পোশাককে গরম বলা হয় কেন ? (ঘ) কেট্‌লির হাতলে বেত জড়ানো থাকে কেন ?

[Answer the following questions :—(a) If you touch a piece of iron and a piece of wood lying exposed to the heat of the sun, which one would feel hotter and why ? (b) If a copper wire-gauge is held over a burner and the gas is lighted above the gauge, the flame does not go below the gauge. Why ? (c) Why are woolen clothes called warm clothes ? (d) Why is the handle of a kettle wrapped with cane ?]

4. একটি তামার প্লেটের দৈর্ঘ্য 1 metre, প্রস্থ 1 metre এবং বেধ 1 cm. প্লেটটির দুই বিপরীত পৃষ্ঠের তাপমাত্রাভেদ 10°C হইলে প্রতি মিনিটে প্লেটের ভিতর দিয়া কত তাপ প্রবাহিত হইবে ? [তামার পরিবাহিতাঙ্ক = 0·96 C. G. S.]

[A copper plate 1 metre long, 1 metre broad and 1 cm. thick has two opposite faces at a difference of temperature of 10°C. How much heat will flow through the plate per minute ? Thermal conductivity of copper = 0·96 C. G. S.] [Ans. 576×10^4 cal.]

5. একটি কাচের জানালার ভিতরের দিকের তাপমাত্রা 80°C এবং বাহিরের দিকের তাপমাত্রা 40°C. জানালার কাচ 0·8 cm. পুরু এবং 2 sq. metres ক্ষেত্রফলযুক্ত। কাচের পরিবাহিতাঙ্ক ·002 হইলে কি হারে জানালা দিয়া তাপ ঘরে প্রবেশ করিবে তাহা নির্ণয় কর।

[The inside and outside temperatures of a glass-window of a room are 80°C and 40°C respectively. The glass is 0·8 cm. thick and has an area of 2 sq. metres. If the thermal conductivity of glass is ·002, calculate the rate at which heat flows into the room from outside through the glass window.]
[Ans. $1{\cdot}8 \times 10^3$ cal/sec.]

6. একটি ধাতব দণ্ডের দৈর্ঘ্য 81·41 cm. এবং ব্যাস 4 cm. ; দণ্ডের একপ্রান্ত 100°C তাপমাত্রার স্টীমের সহিত এবং অন্যপ্রান্ত 0°C তাপমাত্রার একটি বরফের খণ্ডের সহিত সম্পর্কযুক্ত। ধাতুর পরিবাহিতাঙ্ক 0·9 হইলে প্রতি মিনিটে কত বরফ গলিবে নির্ণয় কর।

[A metal rod of thermal conductivity 0·9 is 81·41 cm. long and 4 cm. in diameter. One of its ends is kept exposed to steam at 100°C and the other end is put in contact with a block of ice at 0°C. How much ice will melt per minute ?] [Ans. 27 gms.]

7. একটি ধাতুনির্মিত ফাঁপা ঘনকের দৈর্ঘ্য 10 cm. এবং উহার প্রত্যেক পাশ 1 cm. পুরু। ঘনকটি পরিপূর্ণভাবে বরফ দ্বারা ভর্তি করিয়া ফুটন্ত জলে বসানো হইল। এক ঘণ্টায় কত বরফ গলিবে ? ধাতুর পরিবাহিতাঙ্ক = 0·5.

[A hollow metallic cube has each side 10 cm. long and 1 cm. thick. It is completely filled up by ice and then placed in boiling water. How much ice will melt in an hour ? Thermal conductivity of the metal = 0·5]

[Ans. $6 \times 225 \times 10^{3}$ gms.]

8. একটি টেস্ট টিউব জলে ভর্তি করিয়া কাত অবস্থায় উপরের অংশ গরম করা হইল। দেখা গেল যে তলার অংশে হাত দিলে গরম লাগে না। কিন্তু তলার অংশ গরম করিলে উপরের অংশে হাত দিলে গরম লাগে। ইহার দ্বারা কি প্রমাণিত হয় ?

[A test-tube filled with water is held in an inclined position and the upper part is heated. It is found that the lower part when touched with hand does not appear hot but when the lower part is heated and the upper part touched it appears hot. What does it prove ?]

9. 'কাচের পরিবাহিতাঙ্ক ·002'—এই উক্তি দ্বারা কি বোঝা যায় ?

['Co-efficient of thermal conductivity of glass is ·002'—What does this statement mean ?]

10. থার্মোফ্লাস্কের বিবরণ লেখ ও ইহার কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর।

[Describe a thermos flask and explain how it acts.]

11. বিকীর্ণ তাপের প্রকৃতি এবং ধর্ম সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত নোট লেখ। বিকীর্ণ তাপের সহিত আলোকের প্রভেদ কি ?

[Write a short note on the nature and properties of radiant heat. How does radiant heat differ from light ?]

12. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির উত্তর লেখ :—(ক) কাগজ না পোড়াইয়া একটি কাগজের বাক্সে জল রাখিয়া জল ফুটানো যায় কেন ? (খ) কোন আগুনের সম্মুখে যতটা গরম ঠিক আগুনের উপরে সমান দূরত্বে বেশী গরম বোধ হয় কেন ? (গ) শীতকালে একটি জামা পরিলে যতটা আরাম বোধ হয়, সমান পুরু দুইটি জামা গায়ে দিলে বেশী আরাম বোধ হয়; কেন ? (ঘ) গ্রীষ্মকালে সাদা জামা এবং শীতকালে কালো জামা গায়ে দেওয়া আরামদায়ক কেন ? (ঙ) ছাতার কাপড়ের রং কালো করা হয় কেন ? (চ) একটি থার্মোমিটারের কুণ্ড চকচকে এবং অপরটির কুণ্ড কৃষ্ণবর্ণ। দুইটিকে পাশাপাশি মেঘমুক্ত রাত্রিতে বাহিরে রাখিয়া দিলে উহাদের পাঠের কি তারতম্য দেখিবে ?

[Give reasons for the following statements :—(a) Water may be boiled in a paper box without charing the paper, (b) It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire. [*H. S. (comp) 1961, '62*] (c) It is comfortable in winter season to use two shirts, instead of one, but of same thickness and material as of the single shirt. Why ? (d) In summer, white clothes are preferable while in winter black clothes give us comfort. Why ? (e) Why is the cloth of an umbrella made black ? (f) Two thermometers—one having a polished bulb and other a blackened bulb—are placed side by side outside in a cloudless night. What difference would you notice in their readings and why ?]

[OBJECTIVE TYPE QUESTIONS]

(A) Alternate Response Type :

(i) *Yes or No Type* :

(ক) তরল হইতে বাযবীয অথবা কঠিন হইতে তরলে অবস্থান্তরিত হইবার সময় তাপমাত্রার পরিবর্তন হইবে কি ? —

(খ) ঘরের বায়ু উষ্ণ হইয়া ঘুলঘুলি দিযা বাহিব হইযা গেলে বায়ুব ভিতব পবিচলন স্রোতের উৎপত্তি হইয়াছে বলা যাইবে কি ? —

(গ) থার্মোমিটারের কুণ্ড সাইজে বড় অথবা বল্ক বেশী ব্যাসযুক্ত হইলে তাপমাত্রা মাপিবার সুবিধা হইবে কি ? —

(ঘ) আপেক্ষিক তাপ সমান হইলে কোন বস্তুব তাপগ্রাহিতা ও জলসম সমান হয় কি ?—

(ঙ) তাপকে কি একপ্রকাব শক্তি বলিয়া গণ্য কবা সঙ্গত ? —

(ii) *True or False Type* :

(ক) তবলেব কোন ক্ষেত্র প্রসাবণ নাই ; শুধু দৈর্ঘ্য ও আয়তন প্রসারণ আছে। —

(খ) দুইটি সমভব বস্তুর একই তাপমাত্রা হইলে বিভিন্ন তাপ থাকে বা একই তাপ দিলে বিভিন্ন তাপমাত্রা হয় ইহা বস্তু দুইটিব বিভিন্ন আপেক্ষিক তাপ নির্দেশ করে। —

(গ) ঘবেব তাপমাত্রা শিশিরাঙ্কে পৌঁছাইলে ঘরের বায়ু উপস্থিত জলীয়-বাষ্প দ্বাবা সংপৃক্ত হইয়া পড়ে।

(ঘ) বায়ুতে অধিক মাত্রায় জলীয়-বাষ্প থাকিলে জলের বাষ্পায়নেব সুবিধা হয। —

(ঙ) বিকীর্ণ তাপের সহিত আলোকেব পার্থক্য এই যে আলোকেব তবঙ্গ-দৈর্ঘ্য বিকীর্ণ তাপের তরঙ্গ-দৈর্ঘ্য অপেক্ষা বৃহত্তব। —

(B) Recall type :

(ক) তরলেব স্ফুটনাঙ্ক তবলেব উপবকাব চাপবৃদ্ধিব ফলে—পায়। —

(খ) বিভিন্ন পদার্থেব দৈর্ঘ্যপ্রসাবণ—। —

(গ) নিম্নস্থিবাঙ্ক ও উর্ধ্বস্থিবাঙ্কদ্বয়েব মধ্যবর্তী তাপমাত্রার ব্যবধানকে—বলে। —

(ঘ) স্ফুটন পদ্ধতি খুব দ্রুত ; কিন্তু বাষ্পাযন পদ্ধতি খুব—। —

(ঙ) কঠিন পদার্থ যে পদ্ধতিতে উত্তপ্ত হয় তাহাকে—বলা হয়। —

(C) Completion type :

(ক) কোন পদার্থের নির্দিষ্ট ভরেব নির্দিষ্ট—(*a*) বৃদ্ধিব জন্য যে—(*b*) প্রয়োজন তাহা সম—(*c*) জলেব সম—(*d*) বৃদ্ধিব জন্য প্রয়োজনীয়—(*e*) অপেক্ষা যতগুণ সেই অনুপাতকে ঐ পদার্থের—(*f*) বলে।

—(*a*) —(*b*) —(*c*) —(*d*) —(*e*) —(*f*)

(খ) যে-প্রণালীতে কোন দ্রব্যের— (*a*) অংশ হইতে শীতলতর অংশে— (*b*) গমন করে অথচ ইহার জন্য দ্রব্যের— (*c*) গুলির কোন স্থান পরিবর্তন হয় না, তাহাকে—(*d*) বলা হয়।

—(*a*) —(*b*) —(*c*) —(*d*)

(D) Multiple choice type :

(ক) কোন কঠিন পদার্থে তাপ দ্রুত প্রবাহিত হইতে হইলে উহার কি গুণ থাকা প্রয়োজন ?

উঃ। ভাল পরিবাহী, পরিবাহিতাঙ্ক বেশী, বেশী আপেক্ষিক তাপ।

(খ) গলনেব ফলে যে-সমস্ত পদার্থেব আয়তন হ্রাস পায়, চাপ বৃদ্ধি কবিলে উহাব গলনাঙ্কেব কিরূপ পরিবর্তন হয় ?

উঃ। বৃদ্ধি পায়, হ্রাস পায়, অপবিবর্তিত থাকে।

(গ) কঠিন অবস্থা হইতে সবাসবি বাষ্পে পরিণত হইবাব পদ্ধতিকে কি বলে ?

উঃ। বাষ্পায়ন, উর্ধ্ব পাতন, স্ফুটন।

(ঘ) 4°C তাপমাত্রায় জলের কোন্ জিনিসটি সর্বাপেক্ষা বেশী হয় ?

উঃ। আয়তন, ঘনত্ব, আপেক্ষিক গুরুত্ব।

আলোক-বিজ্ঞান

প্রথম পরিচ্ছেদ

আলোকের ঋজুগতি ও ছায়ার উৎপত্তি

[Rectilinear motion of light and formation of shadows]

1-1. আলোকের প্রকৃতি (Nature of light) :

পারিপার্শ্বিক জগতের সহিত আমাদের পরিচয় মূলত দৃষ্টি দ্বারা। চোখ মেলিলেই আমরা আমাদের চারিদিকে নানারকম জিনিস দেখিতে পাই। কিন্তু শুধু চোখ থাকিলেই কি দেখা যায়? একটি অন্ধকার ঘরে যদি চোখ মেলিয়া থাকা যায় তবে কি ঘরের কোন জিনিস দেখা যায়? আবার পূর্ণ আলোকিত ঘরে চোখ বন্ধ করিয়া রাখিলেও কোন জিনিস দেখা যায় না। সুতরাং চোখ দ্বারা কিছু দেখিতে হইলে একটি বাহ্যিক কারণ প্রয়োজন। অর্থাৎ, বস্তু হইতে আলো যখন চোখে আসিয়া পড়ে তখনই আমাদের উক্ত বস্তু সম্পর্কে দর্শন অনুভূতি হয়। অতএব আলো-কে আমরা এমন এক বাহ্যিক প্রেরণা (stimulus) বলিতে পারি যাহা চোখে কোন দ্রব্য সম্বন্ধে দর্শন অনুভূতি জাগায়।

তাপ, বিদ্যুৎ প্রভৃতির ন্যায় আলোকও একপ্রকার শক্তি। একটি ধাতব বলকে উত্তপ্ত করিলে বলটি তাপশক্তি নির্গত করে। এস্থলে কয়লার রাসায়নিক শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হইতেছে। বলটিকে ক্রমাগত উত্তপ্ত করিলে একসময় ইহা আলোক উৎপন্ন করিবে। তখন রাসায়নিক শক্তির খানিকটা অংশ আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তেমনি বৈদ্যুতিক বাতি জ্বালিলে বিদ্যুৎশক্তি অংশত আলোকশক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এইসব উদাহরণ হইতে আমরা বলিতে পারি যে আলোকও একপ্রকার শক্তি।

আলো বস্তুকে দৃশ্যমান করে; কিন্তু নিজে অদৃশ্য। আমরা আলো দেখিতে পাই না কিন্তু আলোকিত বস্তুকে দেখি। কথাটা হয়তো তোমাদের কাছে একটু জটিল বোধ হইতে পারে। তোমরা বলিবে যে, সকাল বেলায় রৌদ্রের

আলো যখন ঘরের বারান্দায় আসিয়া পড়ে তখন ত' আমরা আলোই দেখি। কিন্তু একটু ভাবিলেই বুঝিতে পারিবে যে, যাহা দেখ তাহা আলো নয়—আলো দ্বারা উজ্জ্বল বারান্দার কিছু অংশ। রাত্রিবেলা মোটরের হেড্-লাইট জ্বালিয়া দিলে বহুদূর পর্যন্ত আলোকিত হয়। প্রথমে মনে হইতে পারে যে, ঐ ত' আলো দেখা গেল। কিন্তু তাহা ঠিক নয়। অসংখ্য ধূলিকণার উপর আলো পড়িয়া সহসা উহারা আমাদের দৃষ্টিগোচর হইল বলিয়া আমরা ঐ আলোকিত ধূলিকণাগুলিই দেখি, আলো দেখি না।

কাজেই স্মরণ রাখিবে যে অন্যান্য শক্তির ন্যায় আলোকশক্তিও অদৃশ্য।

আলোক একস্থান হইতে অন্যস্থানে তরঙ্গের আকারে বিস্তৃত হয়। আলোকের তরঙ্গ তির্যক (transverse) এবং ইহার দৈর্ঘ্য খুব ক্ষুদ্র। আলোকের গতি সেকেণ্ডে প্রায় 1,86,000 মাইল।

1-2. আলোক বিজ্ঞান সম্বন্ধে কয়েকটি সংজ্ঞা :

(1) **আলোক-প্রভব** (Source of light)

যে-বস্তু আলোক প্রদান করিতে পারে তাহাকে আলোক-প্রভব বলে। ইহাদের ভিতর একপ্রকার বস্তু আছে যাহারা নিজ হইতে আলোক বিকীর্ণ করিতে পারে, যেমন,—সূর্য, নক্ষত্র, জ্বলন্ত বাতি ইত্যাদি। ইহাদের বলা হয় **স্বপ্রভ** (luminous) বস্তু।

আবার, অন্য এক প্রকারের বস্তু আছে যাহারা স্বপ্রভ বস্তু হইতে আলোক গ্রহণ করিয়া পরে সেই আলোক বিকিরণ করে। ইহাদের বলা হয় **অপ্রভ** (non-luminous) বস্তু। চাঁদ অপ্রভ বস্তু। চাঁদের নিজের কোন আলো নাই। সূর্য হইতে আলো পাইয়া চাঁদ আলো বিকিরণ করে। বেশীর ভাগ বস্তুই অপ্রভ। চেয়ার, টেবিল প্রভৃতি পারিপার্শ্বিক দৃশ্যমান বস্তু স্বপ্রভ বস্তু হইতে আলো গ্রহণ করিয়া দৃষ্টির গোচরে আসে।

আলোক-বিজ্ঞান আলোচনা করিতে গিয়া আমরা বিন্দু প্রভব (point source) ও বিস্তৃত প্রভবের (extended source) কথা বলিব। বিন্দু-প্রভব বলিতে জ্যামিতিক বিন্দু বুঝাইবে এবং বিস্তৃত প্রভব বলিতে এমন বস্তু বুঝাইবে যাহার কিছু আকার (size) আছে ; একথা মনে রাখিতে হইবে, আকারবিশিষ্ট বিস্তৃত প্রভবকে অসংখ্য বিন্দু প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

(2) **আলোক-মাধ্যম** (Optical medium) :

যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো চলাচল করিতে পারে তাহাকে আলোক-মাধ্যম বলা হয়।

এই মাধ্যম যদি এমন হয় যে আলো চতুর্দিকে সমান গতিতে যায় তবে ঐ মাধ্যমকে **সমসত্ত্ব** (homogeneous) মাধ্যম বলা হয়। যেমন—বায়ু, জল, কাচ ইত্যাদি সমসত্ত্ব মাধ্যম।

যে-সমসত্ত্ব মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো অতি সহজে যাতায়াত করিতে পারে তাহাকে **স্বচ্ছ** (transparent) মাধ্যম বলে। কাচ, জল ইত্যাদি স্বচ্ছ।

যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো মোটেই যাইতে পারে না, তাহাকে **অস্বচ্ছ** (opaque) মাধ্যম বলে। যেমন—পাথর, লোহা ইত্যাদি।

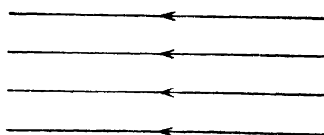
আবার যে-মাধ্যমের ভিতর দিয়া আলো আংশিকভাবে যাইতে পারে তাহাকে **ঈষৎ স্বচ্ছ** (translucent) মাধ্যম বলা হয়। যথা কাচ, তেলা কাগজ ইত্যাদি ঈষৎ স্বচ্ছ মাধ্যমের উদাহরণ।

(3) **আলোক-রশ্মি ও রশ্মিগুচ্ছ** (Ray of light and a beam of light) :

কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমে আলো সরলরেখায় চলাচল করে; সুতরাং একটি সরলরেখা আলোকরশ্মির পথকে বুঝাইয়া দিবে। ঐরূপ কতগুলি আলোকরশ্মি মিলিয়া এক রশ্মিগুচ্ছ সৃষ্টি করে। একথা মনে রাখা প্রয়োজন যে একটি রশ্মি সৃষ্টি করা সম্ভব নয়। প্রভব যতই ক্ষুদ্র হউক না কেন, তাহা হইতে সর্বদা রশ্মিগুচ্ছ বিকীর্ণ হইবে।

রশ্মিগুচ্ছ তিন প্রকার হইতে পারে। যথা : (1) **সমান্তরাল** (parallel), (2) **অপসারী** (divergent) ও (3) **অভিসারী** (convergent)।

সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল (1 ক নং চিত্র)। বহুদূরে অবস্থিত কোন প্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছকে আমরা সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ বলিতে পারি। যেমন, সূর্য হইতে বিকীর্ণ রশ্মিগুচ্ছ সমান্তরাল।

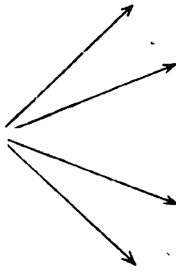


সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ

চিত্র 1 ক

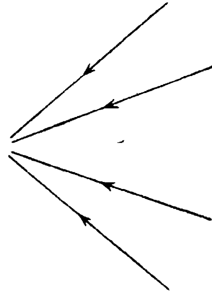
তাছাড়া, লেন্স বা গোলীয় দর্পণ (spherical mirror) দ্বারাও কৃত্রিম উপায়ে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ তৈয়ারী করা যায়।

যখন কোন প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ শঙ্কুর (conical) আকারে এমনভাবে ছড়াইয়া পড়ে যে প্রভব উক্ত শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু, তখন ঐ রশ্মিগুচ্ছকে **অপসারী** বলে (1 খ নং চিত্র)।



অপসারী রশ্মিগুচ্ছ

চিত্র 1 খ

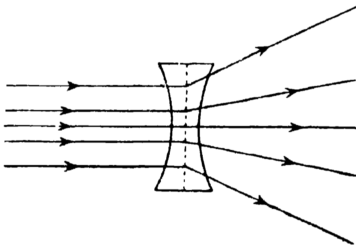


অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ

চিত্র 1 গ

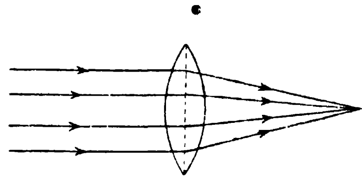
আবার, যখন কোন প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ এমনভাবে আসে যে তাহারা এক বিন্দুতে মিলিত হয়, তখন তাহাকে **অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ** বলে (1 গ নং চিত্র)।

একটি সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে অবতল (concave) লেন্সের ভিতর দিয়া পাঠাইলে, উহা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় (1 ঘ নং চিত্র) এবং উত্তল



সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইল

চিত্র 1 ঘ



সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অভিসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইল

চিত্র 1 ঙ

(convex) লেন্সের ভিতর দিয়া পাঠাইলে উহা অভিসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় (1 ঙ নং চিত্র)।

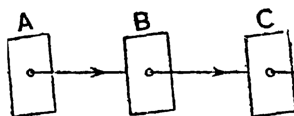
1-3. আলোকের ঋজুগতির পরীক্ষা (Demonstration of rectilinear motion of light) :

আমাদের নানারকম সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতে জানিতে পারি যে আলোকের গতি সরলরেখা অবলম্বন করিয়া হয়। অন্ধকার রাস্তায় মোটর গাড়ীর হেড্ লাইট হইতে আলো ফেলিলে দেখা যায় যে উহা সরলরেখায় যায়। একটি অন্ধকার ঘরের জানালায় একটি ছোট ছিদ্র করিলে রৌদ্র যখন ঐ ছিদ্র দিয়া ঘরে প্রবেশ করে তখন ঘরের বায়ুতে ভাসমান ধূলিকণাগুলি রৌদ্র দ্বারা আলোকিত হয় এবং তখন স্পষ্ট বোঝা যায় আলো সরলরেখায় চলে।

পরীক্ষাগারে নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষাদ্বারা আলোকের ঋজুগতির সত্যতা প্রমাণিত হইবে।

পরীক্ষা :

A, B, C তিনটি শক্ত কাগজের বোর্ড। উহাদের প্রত্যেকের গায়ে একটি করিয়া ছোট ছিদ্র আছে। এই তিনটি বোর্ড এমনভাবে সাজাও যে ছিদ্র তিনটি এবং একটি মোমবাতির শিখা একই সরল রেখায় থাকে (1চ নং চিত্র)। এখন C বোর্ডের অপর পার্শ্বে চোখ রাখিয়া ছিদ্র তিনটির ভিতর দিয়া শিখা





আলোকের ঋজুগতির পরীক্ষা

চিত্র 1 চ

লক্ষ্য কর। দেখিবে যে শিখা দেখিতে গেলে চোখকে ছিদ্র তিনটির সহিত একই সরলরেখায় রাখিতে হইতেছে।

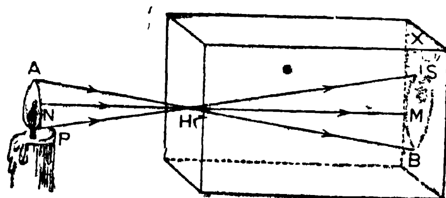
এখন যে-কোন একটি বোর্ডকে উপর-নীচ অথবা পাশে একটু সরাইলে আর শিখা দেখা যাইবে না। ইহার কারণ এই যে, আলো স্থানচ্যুত বোর্ড কর্তৃক বাধা পাইবে। ইহা প্রমাণ করে যে আলো সরলরেখায় চলাচল করে। যদি আলো বক্ররেখায় যাইতে পারিত তবে অনায়াসে স্থানচ্যুত বোর্ডের ছিদ্র দিয়া আসিয়া চোখে পৌঁছাইত।

1-4. সূচীছিদ্র ক্যামেরা (Pin-hole camera) :

এই ক্যামেরার কার্য-পদ্ধতি দ্বারা প্রমাণ হয় যে আলো সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলাচল করে।

1-ছ নং চিত্রে একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ছবি দেখানো হইল। এই ক্যামেরা একটি আয়তাকার (rectangular) বাক্সের তৈয়ারী। বাক্সের সম্মুখতল কার্ডবোর্ডের তৈয়ারী এবং ইহাতে একটি সূচী-ছিদ্র H আছে এবং বিপরীত তল X একটি ঘষা কাচের প্লেটে তৈয়ারী। বাক্সের অভ্যন্তর কালো রং করা থাকে। ইহাতে আলোর প্রতিফলন বন্ধ হয়। সূচী-ছিদ্রের সম্মুখে কোন জিনিস রাখিলে ঘষা-কাচের উপর উহার উল্টা ছবি পড়িবে।

ধরা যাউক, ছিদ্রের সম্মুখে একটি মোমবাতি দাঁড় করানো আছে (1ছ নং চিত্র)। মোমবাতির শিখার যে-কোন জায়গা হইতে—ধর, A বিন্দু হইতে আলোকরশ্মি চতুর্দিকে গমন করিবে ; কিন্তু যে-রশ্মি সোজাসুজি ছিদ্রের ভিতর দিয়া যাইতে পারিবে, যেমন AH রশ্মি—তাহাই B বিন্দুতে A বিন্দুর প্রতিকৃতি তৈয়ারী করিবে। তেমনি N এবং P বিন্দু হইতে রশ্মি নির্গত হইয়া



সূচী-ছিদ্র ক্যামেরা

চিত্র 1ছ

সোজাসুজি ছিদ্র দিয়া যথাক্রমে M এবং S বিন্দুতে প্রতিকৃতি তৈয়ারী করিবে। এইরূপে সমগ্র শিখার উল্টা প্রতিকৃতি ঘষা-কাচের উপর পড়িবে। যদি ঘষা কাচের পরিবর্তে ফটোগ্রাফী-প্লেট রাখা যায় তবে প্লেটে শিখার ছবি উঠিবে। সুতরাং ইহা হইতে প্রমাণ হয় যে আলো সরল-রেখায় চলে।

[**দ্রষ্টব্য :** সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাতে বস্তুর যে ছবি দেখা যায় উহাকে প্রতিবিম্ব (image) বলা চলে না। প্রতিবিম্ব কিরূপে সৃষ্টি হয় তাহা পরে আলোচনা করা হইয়াছে।]

(ক) সূচী-ছিদ্র ক্যামেরা সম্বন্ধে কয়েকটি জ্ঞাতব্য বিষয় :

(1) যদি ক্যামেরার ছিদ্র বড় করা যায় তবে প্রতিকৃতি অস্পষ্ট হইবে। কারণ বড ছিদ্র অনেকগুলি ছোট ছোট ছিদ্রের সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে। প্রত্যেক ছিদ্রই এক একটি প্রতিকৃতি সৃষ্টি করিবে এবং এই প্রতিকৃতিগুলি একে অপরের উপর পড়িয়া আসল প্রতিকৃতি অস্পষ্ট করিয়া দিবে। যদি ছিদ্র খুব ছোট হয় তবে প্রতিকৃতির সীমারেখা (outline) খুব স্পষ্ট হইবে।

(2) যে-বস্তুর প্রতিকৃতি তৈয়ারী হইবে তাহা যদি ছিদ্র হইতে দূরে সরাইয়া লওয়া হয় তবে প্রতিকৃতির সাইজ ছোট হইয়া যাইবে।

(3) যদি বস্তুর দূরত্ব ঠিক রাখিয়া ঘষা-কাচ অর্থাৎ পর্দা ছিদ্র হইতে দূরে সরানো যায় তবে প্রতিকৃতির সাইজ বৃদ্ধি পাইবে।

বস্তু এবং প্রতিকৃতির সাইজের সহিত সূচী-ছিদ্র হইতে উহাদের দূরত্বের নিম্নলিখিত সম্পর্ক আছে :

$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ}}=\frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{ছিদ্র হইতে প্রতিকৃতির দূরত্ব}}$$

উদাহরণ :

(1) একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরাতে ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব 6 inches ; কোন মানুষের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্য-সম্পন্ন প্রতিকৃতি পর্দায় গঠন করিতে হইলে মানুষটি ক্যামেরা হইতে কতদূরে দাঁড়াইবে ?

[In a pin-hole camera, the screen is at a distance of 6 inches from the hole. How far must a man stand from the camera so that an image half the size of the man may be formed on the screen ?]

উ। আমরা জানি,

$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ}}=\frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব}}$$

এক্ষেত্রে, প্রতিকৃতির সাইজ বস্তুর সাইজের অর্ধেক হইবে এবং ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব = 6 inches.

$$\text{অতএব, } 2=\frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{6}$$

$\therefore$ ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব $= 6 \times 2$ inches
$= 1$ ft.

অর্থাৎ, লোকটি ক্যামরা হইতে 1 ft. দূরে দাঁড়াইবে।

(2) একটি স্চী-ছিদ্র ক্যামেরাতে কোন একটি বাড়ীর 1·5 inches উঁচু প্রতিকৃতি সৃষ্টি হইল। স্চী-ছিদ্র হইতে পর্দা এবং বাড়ীর দূরত্ব যথাক্রমে 2·6 inches এবং 91 ft হইলে বাড়ীটির উচ্চতা কত ?

[The image of a building as seen in a pin-hole camera is 1·5 inches. If the distance of the screen and the building from the pin-hole be 2·6 inches and 91 ft. respectively, find the height of the building.]

উ। আমরা জানি,

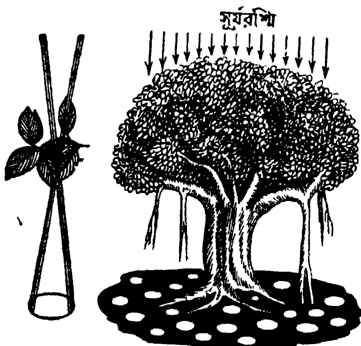
$$\frac{\text{বস্তুর সাইজ বা উচ্চতা}}{\text{প্রতিকৃতির সাইজ বা উচ্চতা}} = \frac{\text{ছিদ্র হইতে বস্তুর দূরত্ব}}{\text{ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব}}$$

এক্ষেত্রে, $$\frac{\text{বস্তুর উচ্চতা}}{\frac{1·5}{12}} = \frac{91}{\frac{2·6}{12}}$$

$$\therefore \quad \text{বস্তুর উচ্চতা} = \frac{91 \times 1·5}{2·6} \text{ ft} = 52·5 \text{ ft.}$$

(খ) গাছের নীচে গোল ও ডিম্বাকৃতি আলোকচক্রের (patches of light) উৎপত্তি ঃ

স্চীছিদ্র ক্যামেরার কার্যপ্রণালী হইতে আমরা বুঝিতে পারিলাম যে বস্তু হইতে আলোকরশ্মি কোন ছিদ্রের ভিতর দিয়া গিয়া কোন অস্বচ্ছ পর্দার উপর পড়িলে পর্দার উপর বস্তুর একটি প্রতিকৃতি দেখা যায়। এই ঘটনার অনুরূপ ঘটনা ঘটে পত্রবহুল কোন গাছের ছায়ার ভিতরে। ছায়া লক্ষ করিলে দেখা যাইবে যে উহার ভিতরে স্থানে স্থানে গোল ও ডিম্বাকৃতি আলোকচক্র (circular and elliptical patches of light) গঠিত হইয়াছে [চিত্র 1 জ (ii)]। গোল আলোকচক্রগুলি সূর্যের প্রতিকৃতি এবং উহারা স্চীছিদ্র ক্যামেরার নীতি অনুযায়ী গঠিত হয়। গাছের পাতাগুলি অস্বচ্ছ। কিন্তু কতগুলি পাতার মাঝে ছোট ছোট ফাঁক থাকিয়া যায়। গাছের উপর সূর্যরশ্মি পড়িলে, রশ্মি ঐ ছোট ফাঁক দিয়া মাটিতে পৌঁছায় এবং



পত্রবহুল গাছের ছায়ার আলোকচক্র
চিত্র 1 জ

সূর্যের প্রতিকৃতি তৈয়ারী করে [চিত্র 1 জ (i)]। তাই, ঐ স্থানে গোলাকার আলোকচক্র দেখিতে পাওয়া যায়। ছিদ্রগুলি ছোট হইলে উহার আকারের উপর প্রতিকৃতির আকার নির্ভর করে না। সূর্যের খণ্ডগ্রহণের সময় যখন সূর্যের আকার কাস্তের মত বাঁকা হয় তখন এই আলোকচক্রগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে উহারাও বাঁকা হইয়াছে।

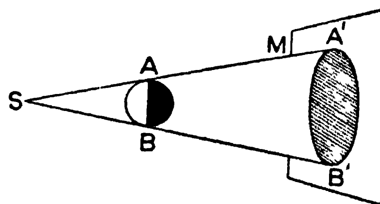
যদি পাতার ফাঁকেব ছিদ্রগুলি আকারে বড হয় তখন আর ঠিক ঠিক প্রতিকৃতি সৃষ্টি হয় না। কারণ বড় ছিদ্র অসংখ্য ছোট ছিদ্রের সমষ্টি হওয়ায় অনেকগুলি প্রতিকৃতি সৃষ্টি হইবে এবং উহারা এক সঙ্গে মিলিয়া কিছু আলোকিত অংশের সৃষ্টি করিবে। এই অংশগুলির আকার ছিদ্রের আকারের অনুরূপ হইবে। ছিদ্রগুলি ডিম্বাকৃতি হইলে এই আলোকিত অংশগুলিও ডিম্বাকৃতি হইবে। তাছাড়া, সূর্যরশ্মি লম্বভাবে না পড়িয়া আনতভাবে পাতার ফাঁক দিয়া মাটিতে পড়িলেও ডিম্বাকৃতি আলোকিত অংশ দেখা যাইবে।

1-5. ছায়ার উৎপত্তি (Formation of shadows):

অস্বচ্ছ বস্তুর ছায়া হয় তাহা তোমরা জান। আলোর সম্মুখে কোন অস্বচ্ছ বস্তু ধরিলে দেওয়ালে তাহার ছায়া পড়ে তাহা সকলেই দেখিয়াছ। **আলো যে সরল রেখায় চলে ছায়া তাহার প্রকৃষ্ট প্রমাণ।** যদি আলো আঁকা-বাঁকা পথে চলিতে পারিত তবে কখনও ছায়ার সৃষ্টি হইত না। আলোকের উৎস ও অস্বচ্ছ বস্তুর আপেক্ষিক আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া ছায়ার আকৃতি ও প্রকৃতি ভিন্ন ভিন্ন হইতে পারে। নিম্নে ইহার আলোচনা করা হইল।

(1) **বিন্দু আলোক প্রভব ও বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তু** (Point source and extended object):

S একটি বিন্দু আলোক প্রভব, AB একটি গোলাকার অস্বচ্ছ বস্তু এবং M একটি পর্দা (1ঝ নং চিত্র)। বিন্দু প্রভব S হইতে আলোক-রশ্মি চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়িবে। যে-রশ্মিগুলি AB পদার্থের ধার ঘেঁষিয়া যাইবে—যেমন SA, SB প্রভৃতি—উহারা পর্দায় গিয়া পড়িবে। কিন্তু SAB শঙ্কুর (cone)



ছায়াব উৎপত্তি
চিত্র 1ঝ

অভ্যন্তরস্থ কোন রশ্মি পর্দায় পৌছাইতে পারিবে না—কারণ উহারা AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে। অন্যান্য রশ্মি পর্দায় পৌছিয়া পর্দাকে আলোকিত করিবে ; সুতরাং পর্দার A′B′ অংশ সম্পূর্ণ অন্ধকার থাকিবে এবং ইহার আকার গোল হইবে। ইহাই হইল AB বস্তুর ছায়া। পর্দা দূরে সরাইয়া লইলে ছায়ার আকার বৃদ্ধি পাইবে কিন্তু গাঢ়তা হ্রাস পাইবে।

(2) **বিস্তৃত আলোক প্রভব ও আলোক প্রভব হইতে বড় অস্বচ্ছ বস্তু** (Extended source and object greater than the size of the source) :

S_1 S_2 একটি বিস্তৃত আলোক প্রভব। AB একটি অস্বচ্ছ বস্তু এবং M একটি পর্দা। AB বস্তুর আকার আলোক প্রভব হইতে বড় (1ঞ নং চিত্র)।

বিস্তৃত আলোক প্রভব S_1 S_2-কে আমরা বহু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু আলোক প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরিতে পারি। মনে কর S_1 এবং S_2 ঐরূপ দুইটি প্রান্ত (extreme) বিন্দু প্রভব।

প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়া

চিত্র 1ঞ

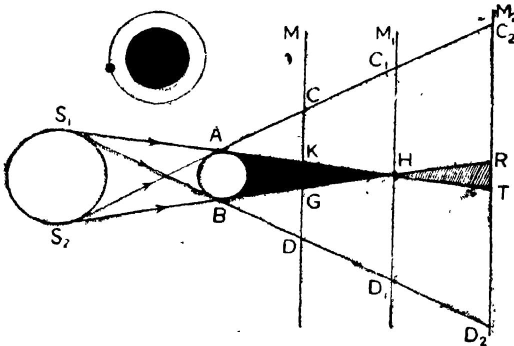
এখন S_1 বিন্দু হইতে নির্গত এবং S_1A ও S_1B রেখাদ্বারা সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কুর সৃষ্টি করিবে তাহা AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে এবং পর্দায় পৌছাইতে পারিবে না। সুতরাং উহারা E হইতে F পর্যন্ত ছায়া সৃষ্টি করিবে। তেমনি সর্বনিম্ন বিন্দু S_2 হইতে নির্গত ও S_2A এবং S_2B রেখাদ্বারা সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-শঙ্কু সৃষ্টি করিবে তাহাও পর্দায় পৌছিবে না। ফলে G হইতে H পর্যন্ত ছায়ার সৃষ্টি হইবে। আলোক-প্রভবের অন্যান্য মধ্যবর্তী বিন্দুদ্বারা AB-র যে ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহা G এবং F-এর মধ্যে অবস্থিত হইবে। সুতরাং পর্দায় AB বস্তুর যে সাধারণ ছায়া

হইবে তাহা G হইতে F পর্যন্ত বিস্তৃত হইবে। কিন্তু এই সাধারণ ছায়ার সর্বত্র অন্ধকারের গাঢ়তা এক নয়। লক্ষ্য করিলে বোঝা যাইবে যে EH অংশে S_1 বা S_2 অথবা ইহাদের মধ্যবর্তী কোন বিন্দু হইতে আলো পৌছায় না। সুতরাং এই অংশের অন্ধকার সর্বাপেক্ষা গাঢ় হইবে। এই অংশকে **প্রচ্ছায়া** (umbra) বলে। কিন্তু EG বা HF অংশ তত অন্ধকার নয়—কারণ EG অংশে প্রভবের তলার দিক হইতে কোন আলো পৌছায় না, কিন্তু প্রভবের উপরের দিক হইতে আলো পৌছাইবে। তেমনি HF অংশে প্রভবের উপর হইতে কোন আলো পৌছায় না কিন্তু তলার দিক হইতে আলো পৌছায়। সুতরাং EG এবং HF অংশ আংশিক অন্ধকারে থাকিবে। এই আংশিক অন্ধকারযুক্ত অংশগুলিকে **উপচ্ছায়া** (penumbra) বলে। 1ঞ নং চিত্রের ডানদিকে ছায়ার সম্পূর্ণ প্রকৃতি দেখানো হইল। উহার মধ্যস্থলে গাঢ় অন্ধকারাচ্ছন্ন গোলাকার প্রচ্ছায়া এবং উহার চতুর্দিক বেষ্টন করিয়া গোলাকার আংশিক অন্ধকারাচ্ছন্ন উপচ্ছায়া।

প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া লক্ষ্য করিলে বোঝা যায় যে পর্দা দূরে সরাইলে প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া উভয়েই আকারে বৃদ্ধি পাইবে।

(3) **বিস্তৃত আলোক প্রভব ও ক্ষুদ্রতর অস্বচ্ছ বস্তু** (Extended source and smaller object):

S_1 S_2 একটি বিস্তৃত আলোক প্রভব এবং AB একটি অস্বচ্ছ বস্তু। আলোক প্রভবের সাইজ AB বস্তুর চাইতে বড়। M একটি পর্দা (1ট নং



চিত্র 1ট

চিত্র)। পূর্বের ন্যায় বিস্তৃত প্রভবকে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বিন্দু প্রভবের সমষ্টি বলিয়া ধরা যাইতে পারে। মনে কর S_1 এবং S_2 ঐরূপ দুইটি প্রান্ত বিন্দু-প্রভব।

এখন S_1 বিন্দু প্রভব হইতে নির্গত এবং S_1A ও S_1B সরলরেখা কর্তৃক সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কুর সৃষ্টি করিবে তাহা AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে এবং পর্দায় পৌছাইবে না। ফলে পর্দায় K হইতে D পর্যন্ত ছায়া সৃষ্টি হইবে।

তেমনি S_2A ও S_2B রেখা কর্তৃক সীমাবদ্ধ আলোকরশ্মিগুলি যে-আলোকশঙ্কু সৃষ্টি করিবে তাহাও AB বস্তু কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইবে। সুতরাং তাহারাও পর্দায় পৌছাইবে না এবং G হইতে C পর্যন্ত ছায়ার সৃষ্টি করিবে।

S_1 এবং S_2 বিন্দুর মধ্যবর্তী অন্যান্য আলোক বিন্দু যে-ছায়াগুলির সৃষ্টি করিবে তাহা C এবং D-র ভিতর অবস্থান করিবে। অর্থাৎ C হইতে D পর্যন্ত AB বস্তুর সাধারণভাবে ছায়া সৃষ্টি হইবে।

এখানেও লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে KG অংশে আলোক প্রভবের কোন বিন্দু হইতেই আলো পৌছায় না। সুতরাং KG অংশকে প্রচ্ছায়া বলা যাইতে পারে। আর KC অথবা GD অংশে আংশিকভাবে আলো পৌছায়। সুতরাং উহারা উপচ্ছায়া।

আরও লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে প্রচ্ছায়া অংশ একটি অভিসারী (converging) এবং উপচ্ছায়া অংশ একটি অপসারী (diverging) শঙ্কু তৈয়ারী করে—অর্থাৎ পর্দা দূরে সরাইয়া লইলে প্রচ্ছায়া অংশ ক্রমশ কমিয়া আসিবে কিন্তু উপচ্ছায়া অংশ ক্রমশ বৃদ্ধি পাইবে।

যদি পর্দাকে M_1 অবস্থানে লইয়া যাওয়া হয় তবে প্রচ্ছায়া একটি বিন্দুতে (H) পরিণত হয়। যদি আরও সরাইয়া M_2 অবস্থানে লইয়া যাওয়া হয় তবে আর প্রচ্ছায় থাকিবে না। ইহার পরিবর্তে একটি বিপরীত অপসারী (diverging) শঙ্কু HRT সৃষ্টি হইবে। এইরূপ অবস্থায় RT অংশে প্রভবের পরিধির (peripheral) নিকটস্থ অংশ হইতে কিছু কিছু আলো আসিয়া উপচ্ছায়ার সৃষ্টি করিবে। সুতরাং R এবং T-এর মধ্যবর্তী যে-কোন অংশ হইতে প্রভবের দিকে তাকাইলে AB বস্তুকে সম্পূর্ণ অন্ধকারাচ্ছন্ন দেখাইবে কিন্তু তাহার চতুর্দিকে আলোকিত অংশ দেখা যাইবে (1ট নং চিত্রের উপরে যেমন দেখানো হইয়াছে)। পর্দা আরো দূরে সরাইয়া লইলে উপচ্ছায়ার অন্ধকারের গাঢ়তা হ্রাস পাইতে থাকিবে। অবশেষে পর্দায় আলো ও ছায়ার পার্থক্য আর বোঝা যাইবে না।

এই প্রসঙ্গে বলা যাইতে পারে যে গাছের পাতার ছায়া যখন মাটিতে পড়ে তখন প্রচ্ছায়া ও পাতলা উপচ্ছায়া লক্ষিত হয়। এখানে সূর্য আলোক-প্রভব, পাতা অস্বচ্ছ বস্তু ও মাটি পর্দা। পাতা ও মাটির দূরত্ব কম বলিয়া এবং সূর্য বহু দূরে থাকায় প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়া দুই-ই দেখা যায়। তেমনি যখন এরোপ্লেন নীচু দিয়া উড়িয়া যায় তখন মাটিতে উহার ছায়া পড়ে কিন্তু ক্রমশ উচ্চে উঠিলে (অর্থাৎ পর্দা হইতে বস্তুর দূরত্ব বাড়িতে থাকিলে) ছায়া পাতলা হইয়া অবশেষে অদৃশ্য হইয়া যায়।

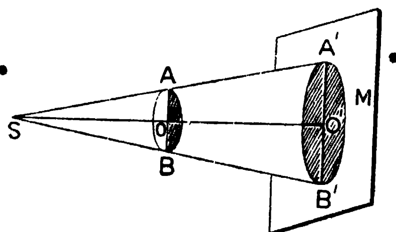
উদাহরণ ঃ

একটি বিন্দু প্রভব হইতে 1 ft দূরে 4 inches ব্যাসযুক্ত একটি গোলাকার অস্বচ্ছ বস্তু রাখা আছে এবং বস্তুটির কেন্দ্র হইতে 1 ft দূরে একখানি পর্দা আছে। পর্দার উপরে যে ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহার ব্যাস কত ?

[An opaque circular object of 4 inches diameter is placed 1 ft away from a point source and a screen is placed 1 ft. away from the centre of the object. What is the diameter of the shadow formed on the screen ?]

উ। মনে কর, S বিন্দু প্রভব, AB বস্তু এবং M পর্দার উপর A′B′ বস্তুর ছায়া (চিত্র 1ঠ)। এখন SO = 1 ft এবং OO′ = 1 ft.

$\therefore$ SO′ = 2 ft. ; AB = 4 inches



চিত্র 1ঠ

আমরা লিখিতে পারি যে,

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{SO}{SO'}$$

অথবা, $$\frac{4}{A'B'} = \frac{1 \times 12}{2 \times 12}$$

$\therefore$ A′B′ = 8 inches.

অর্থাৎ, ছায়ার ব্যাস = 8 inches.

1-6. গ্রহণ (Eclipses) ঃ

অস্বচ্ছ বস্তু কর্তৃক ছায়া সৃষ্টির ফলে সূর্য বা চন্দ্রগ্রহণ হয়। অমাবস্যায় যখন চাঁদ, পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যে আসে তখন চাঁদের ছায়া পৃথিবীতে পড়িয়া সূর্যগ্রহণের সৃষ্টি করে। আবার পূর্ণিমায় যখন চাঁদ ও সূর্যের মাঝখানে পৃথিবী

আসে তখন পৃথিবীর ছায়ার ভিতর চাঁদ প্রবেশ করিলে চন্দ্রগ্রহণ হয়। কাজেই সূর্যগ্রহণের বেলাতে চাঁদ অস্বচ্ছ বস্তুর কাজ করে এবং চন্দ্রগ্রহণের বেলাতে পৃথিবী অস্বচ্ছ বস্তুর কাজ করে। দুই গ্রহণ কি করিয়া সংঘটিত হয় নিম্নে তাহার আলোচনা করা হইল।

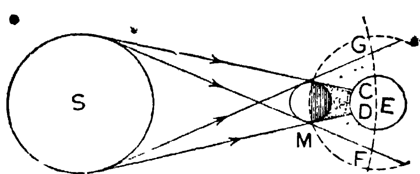
[**দ্রষ্টব্য ঃ** পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব 93×10^6 miles ; চন্দ্রের দূরত্ব 21×10^4 miles এবং সূর্যের ব্যাস পৃথিবীর ব্যাসের 109 গুণ। পৃথিবীর ছায়ার প্রচ্ছায়া অংশ $8{\cdot}6\times10^5$ miles দীর্ঘ এবং ইহা চন্দ্র ছাড়াইয়া বহুদূর পর্যন্ত বিস্তৃত।

এই দূরত্বগুলি এত অধিক যে স্বল্পপরিসরে কোন স্কেল অনুযায়ী ছবি আঁকা সম্ভব নহে। তাই 1ড হইতে 1ত পর্যন্ত চিত্রগুলি কোন স্কেল অনুযায়ী আঁকা হয় নাই।]

সূর্যগ্রহণ ঃ

সূর্যগ্রহণ তিন রকমের হইতে পারে। যথা :— (1) পূর্ণ গ্রহণ, (2) খণ্ড গ্রহণ ও (3) বলয় গ্রহণ।

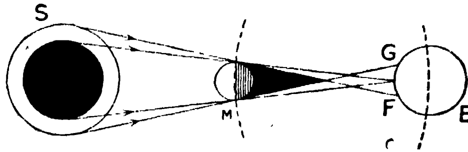
নিজেদের কক্ষপথে পরিভ্রমণ করিতে করিতে অমাবস্যায় যখন পৃথিবী (E) ও সূর্যের (S) মাঝখানে চাঁদ (M) আসে (1ড নং চিত্র) তখন সূর্য হইতে আলোকরশ্মি অস্বচ্ছ চাঁদ কর্তৃক বাধাপ্রাপ্ত হইয়া ছায়ার সৃষ্টি করে। এই ছায়ার CD অংশ প্রচ্ছায়া এবং CG ও DF অংশ উপচ্ছায়া। চাঁদের ছায়ার প্রচ্ছায়া অংশ পৃথিবীর যে-জায়গায় পড়ে সেখানকার লোক সূর্যের কোন অংশই দেখিতে পায় না এবং CG বা DF অংশ পৃথিবীর যে-সব জায়গায় পড়ে সেখানকার লোক সূর্যের কিছু অংশ দেখিতে পায়। CG অংশের লোক সূর্যের উপরিভাগ দেখিবে এবং DF অংশের লোক সূর্যের নিম্নভাগ দেখিবে। সুতরাং CD অংশের লোকের নিকট সূর্যের **পূর্ণ গ্রহণ** (total eclipse) ও CG বা DF অংশের লোকের নিকট সূর্যের **খণ্ড গ্রহণ** (partial eclipse) হইবে। চাঁদ পৃথিবী অপেক্ষা অনেক ছোট বলিয়া চাঁদের ছায়াও খুব ছোট। এই কারণে পৃথিবীর খুব কম অংশ চাঁদের প্রচ্ছায়ার মধ্যে পড়ে। সুতরাং পৃথিবী খুব অল্প জায়গা হইতে সূর্যের পূর্ণ গ্রহণ দেখা



সূর্যগ্রহণ
চিত্র 1ড

যায়। তা'ছাড়া, চাঁদের ছায়া দৈর্ঘ্যে ছোট হওয়ায় পৃথিবীর সমস্ত আলোকিত গোলার্ধকে (illuminated hemisphere) আবৃত করিতে পারে না। ফলে আলোকিত গোলার্ধের সকল স্থান হইতেই সূর্যগ্রহণ দেখিতে পাওয়া যায় না।

চাঁদ আকারে পৃথিবী অপেক্ষা অনেক ছোট হওয়ায় এবং সময়-ভেদে উহাদের দূরত্বের তারতম্য হওয়ায় অনেক সময় এমন হয় যে চাঁদের প্রচ্ছায়া পৃথিবীকে স্পর্শ করিবার পূর্বেই শেষ হইয়া যায়। তৎপরিবর্তে উহাকে বাড়াইয়া যে বিপরীত অপসারী শঙ্কু হয় তাহা পৃথিবীকে স্পর্শ করে। 1চ নং চিত্রে পৃথিবীর GF অংশে ঐ শঙ্কু স্পর্শ করিয়াছে। সুতরাং পৃথিবীর ঐ স্থানে অবস্থিত লোকেরা সূর্যের দিকে তাকাইলে সূর্যের মাঝখানে একটি অন্ধকারাবৃত



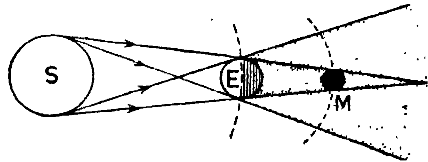
সূর্যের বলয়গ্রহণ
চিত্র 1চ

বৃত্তাকার অংশ ও উহার চতুর্দিকে একটি আলোকের বেষ্টনী দেখিতে পাইবে। এই ধরনের গ্রহণকে **বলয় গ্রাস** বা **গ্রহণ** (annular eclipse) বলে।

চন্দ্রগ্রহণ ঃ

আমরা জানি যে চন্দ্রের নিজস্ব কোন আলো নাই। সূর্য হইতে আলো চন্দ্র কর্তৃক প্রতিফলিত হয় বলিয়া চন্দ্রকে উজ্জ্বল দেখায়। পূর্ণিমায় চন্দ্র ও সূর্যের মাঝখানে পৃথিবী অবস্থিত হয়।

নিজ নিজ কক্ষপথে পরিভ্রমণ করিতে করিতে পূর্ণিমায় যখন চাঁদ (M) ও সূর্যের (S) মাঝখানে পৃথিবী (E) আসিয়া পড়ে তখন পৃথিবীর ছায়া চন্দ্রের উপর গিয়া পড়ে (1ণ নং চিত্র)। যখন চাঁদ পৃথিবীর প্রচ্ছায়া কর্তৃক সম্পূর্ণ আবৃত হয় তখন উহা আর দৃষ্টির গোচরে



চন্দ্রগ্রহণ
চিত্র 1ণ

থাকে না। তখন চন্দ্রের পূর্ণগ্রহণ হয়। আর যদি চন্দ্রের কিছু অংশ

প্রচ্ছায়া কর্তৃক এবং কিছু অংশ উপচ্ছায়া কর্তৃক আবৃত হয় তবে চন্দ্রের খণ্ডগ্রাস হয়।

পৃথিবীর প্রচ্ছায়ার ভিতর সম্পূর্ণ প্রবেশের পূর্বে চন্দ্রকে পৃথিবীর উপচ্ছায়ার ভিতর প্রবেশ করিতে হয়। উপচ্ছায়া অংশে সূর্য হইতে কম আলো পৌঁছায়। এই কারণে চন্দ্রের গ্রহণ সুরু হইবার কিছু পূর্বেই উহাকে খানিকটা ম্লান দেখায়। ঠিক একই কারণে গ্রহণ সম্পূর্ণ ছাড়িবার পরও চাঁদকে কিছু ম্লান দেখাইবে কারণ প্রচ্ছায়া হইতে বাহির হইয়া চাঁদ পুনরায় উপচ্ছায়ায় প্রবেশ করে।

পৃথিবীর আকার চন্দ্র অপেক্ষা বহুগুণ বড় হওয়ায় পৃথিবীর প্রচ্ছায়া-শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু সর্বদা চন্দ্রের কক্ষপথ ছাড়াইয়া যায়। সুতরাং চন্দ্রের বলয় গ্রাস কখনও সম্ভব নয়।

সব অমাবস্যায় বা পূর্ণিমায় গ্রহণ হয় না কেন ?

গ্রহণ আলোচনার সময় বলা হইয়াছে যে অমাবস্যায় সূর্যগ্রহণ ও পূর্ণিমায় চন্দ্রগ্রহণ হয়। কিন্তু প্রত্যেক অমাবস্যা এবং প্রত্যেক পূর্ণিমাতে ত' গ্রহণ হয় না। ইহার কারণ কি ?

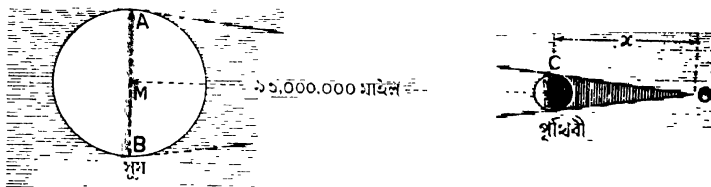
গ্রহণ—চন্দ্রের অথবা সূর্যের হউক—হইতে গেলে সূর্য, চন্দ্র ও পৃথিবী এক সরলরেখায় আসিতে হইবে। কিন্তু পৃথিবীর পরিভ্রমণের কক্ষতল (plane of orbit) এবং চন্দ্রের পরিভ্রমণের কক্ষতল এক নহে। এই দুই তলের মধ্যে প্রায় 5° ডিগ্রী ব্যবধান আছে। ইহার ফলে প্রত্যেক পূর্ণিমাতেই চাঁদ পৃথিবীর ছায়ার ভিতর যায় না—হয় উপরে কিংবা নীচে অবস্থান করে। সুতরাং গ্রহণ হয় না। তেমনি প্রত্যেক অমাবস্যাতেও চাঁদের ছায়া পৃথিবীর উপরে পড়িতে পারে না। যে-পূর্ণিমা বা অমাবস্যাতে ইহারা এক সরলরেখায় আসিবে—তখনই গ্রহণ হইবে।

1-7. ছায়াসংক্রান্ত পরিমাপ (Measurement in connection with shadows) :

নিম্নলিখিত উদাহরণগুলি হইতে ছায়াসংক্রান্ত পরিমাপ পরিষ্কাররূপে বোধগম্য হইবে :—

(1) 1ত নং চিত্রে সূর্যের আলো পৃথিবীর উপর পড়িলে কিরূপে পৃথিবীর ছায়া উৎপন্ন হয় তাহা দেখানো হইয়াছে। ঐ ছায়া শঙ্কু-আকৃতির (conical shaped)। AB সূর্যের ব্যাস এবং CD পৃথিবীর ব্যাস। সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব 93,000,000 মাইল। ইহা হইতে আমরা পৃথিবীর ছায়ার দৈর্ঘ্য—

অর্থাৎ পৃথিবীর কেন্দ্র হইতে ছায়া-শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু O পর্যন্ত দূরত্ব নির্ণয় করিতে পারি। 1৩ নং চিত্রে সরল জ্যামিতিক প্রয়োগ দ্বারা লিখিতে পারা যায়,—



চিত্র 1৩

$$\frac{AB}{CD} = \frac{MO}{NO}$$

অর্থাৎ, $\dfrac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{পৃথিবীর ব্যাস}} = \dfrac{\text{শীর্ষবিন্দু হইতে সূর্যের দূরত্ব}}{\text{,, ,, পৃথিবীর ,,}}$

এখন, সূর্যের ব্যাস পৃথিবীর ব্যাসের প্রায় 109 গুণ। শীর্ষবিন্দু হইতে পৃথিবীর দূরত্ব—অর্থাৎ ছায়ার দৈর্ঘ্য x ধরিলে উপরোক্ত সমীকরণ হইতে লেখা যায়,

$$\frac{109}{1} = \frac{93,000,000 + x}{x}$$

or, $x = 861,111$ মাইল (প্রায়)

অর্থাৎ, পৃথিবীর ছায়ার দৈর্ঘ্য প্রায় 861,111 মাইল।

(2) একটি চাকতির ব্যাস 1 ইঞ্চি। চাকতিকে চোখ হইতে কতদূরে রাখিলে উহা ঠিক সূর্যকে আবৃত করিবে? সূর্যের ব্যাস 860,000 মাইল এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব 93,000,000 মাইল।

[The diameter of a disc is 1 inch. How far from the eye should it be placed so that it may just cover the sun. The diameter of the sun is 860,000 miles and the distance between the earth and the sun is 93,000,000 miles.]

এক্ষেত্রে সূর্যকে সম্পূর্ণ আবৃত করিতে হইলে চাকতির ছায়া-শঙ্কুর শীর্ষবিন্দু ঠিক চোখে পড়া চাই। 1৩ নং চিত্রে পৃথিবীর বদলে চাকতিটি কল্পনা করিলে চোখ ঠিক O-বিন্দুতে থাকিবে। অতএব, আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{চাকতির ব্যাস}} = \frac{\text{চোখ হইতে সূর্যের দূরত্ব}}{\text{,, ,, চাকতির ,,}}$$

অথবা, $\dfrac{\text{সূর্যের ব্যাস}}{\text{চোখ হইতে সূর্যের দূরত্ব}} = \dfrac{\text{চাকতির ব্যাস}}{\text{চোখ হইতে চাকতির দূরত্ব}}$

$$\therefore \quad \frac{860,000}{93,000,000} = \frac{1}{x}$$

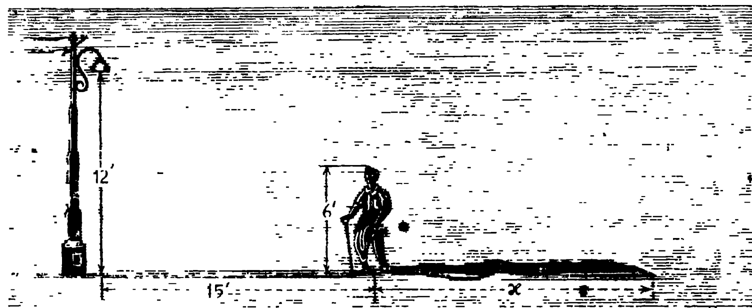
$$\therefore \quad x = \frac{93,00}{86} \text{ inches}$$

$$\frac{9300}{86 \times 12} \text{ ft.}$$

$$= 9\,01 \text{ ft}$$

অর্থাৎ চোখ হইতে চাকতিকে 9·01 ft. দূরে রাখিতে হইবে।

(3) 1 থ নং চিত্রে রাস্তার আলো দ্বারা কোন পথচারীর ছায়া দেখানো হইয়াছে। যদি রাস্তা হইতে আলোর উচ্চতা 12 ft., মানুষটির উচ্চতা 6 ft.



চিত্র 1থ

এবং আলো হইতে মানুষটির দূরত্ব 15 ft. হয় তবে পথচারীর ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A man 6 ft. high, is standing at a distance of 15 feet from a street lamp which is 12 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow.]

ছায়ার দৈর্ঘ্য x ধরিলে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{\text{আলোর উচ্চতা}}{\text{মানুষের ,,}} = \frac{\text{ছায়ার শীর্ষবিন্দু হইতে আলোকের দূরত্ব}}{\text{,, \ ,, \ ,, \ মানুষের ,,}}$$

অথবা, $\dfrac{12}{6} = \dfrac{15+x}{x}$

,, $2x = 15 + x$

,, $x = 15$ ft.

অর্থাৎ পথচারীর ছায়ার দৈর্ঘ্য হইবে 15 ft.

1-8. আলোকের গতিবেগ (Velocity of light) :

পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে আলো প্রতি সেকেণ্ডে প্রায় 186,000 মাইল গতিবেগ লইয়া চলে। সুতরাং আলোর গতিবেগ প্রচণ্ড। প্রকৃতপক্ষে কোন বস্তুর গতিবেগ আলোর গতিবেগকে ছাড়াইয়া যাইতে পারে না।

সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব প্রায় 93,000,000 মাইল এবং উপরোক্ত গতিবেগ লইয়া চলিবার ফলে সূর্য হইতে পৃথিবীতে পৌছাইতে আলোর প্রায় 8.3 মিনিট সময় লাগে। কিন্তু নভোমণ্ডলে এমন এমন নক্ষত্র বা গ্রহ আছে যাহাদের দূরত্ব সূর্যের দূরত্ব হইতে বহুগুণ বেশি। সুতরাং সেই সমস্ত বস্তু হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে যথেষ্ট সময় লাগে। সেই সমস্ত গ্রহ বা নক্ষত্রে কোন মুহূর্তে পৃথিবী হইতে কিছু লক্ষ্য করিলে তাহা ঠিক সেই মুহূর্তে ঘটে না ; তাহার বেশ কিছু পূর্বে ঘটে। যেমন, পৃথিবীর সবাপেক্ষা নিকটতম স্থির নক্ষত্র (fixed star) Alpha centauri হইতে আজ যে-আলো আসিয়া পৃথিবীতে পৌছাইবে তাহা উক্ত নক্ষত্র হইতে 4.4 বৎসর পূর্বে যাত্রা করিয়াছে। যদি নভোমণ্ডলের সর্বাপেক্ষা উজ্জ্বল নক্ষত্র Sirius আজ হঠাৎ ধ্বংসপ্রাপ্ত হয় তবে উহা হইতে আলো আরো 8.8 বৎসর ধরিয়া পৃথিবীতে পৌছাইবে। সুতরাং ইহা হইতে বুঝিতে পারো যে এই বিশ্ব কত বিরাট !

আলোর গতিবেগ নির্ণয়ের প্রথম পরীক্ষা করেন ডেনমার্কের জ্যোতির্বিজ্ঞানী রোমার। পরে, ফিজু, মাইকেলসন্, অ্যাণ্ডারসন্ এবং আরো অনেক বিজ্ঞানী এই সম্বন্ধে পরীক্ষা করিয়াছেন। সর্বাধুনিক পরিমাপ অনুযায়ী শূন্যে আলোর গতিবেগ,

$$
\begin{aligned}
V &= 299{,}774 \pm 5 \text{ km/sec} \\
&= 2.99774 \times 10^{10} \text{ cm/sec} \\
&= 186{,}285 \text{ miles/sec.}
\end{aligned}
$$

1-9, আলোক-বর্ষ (Light-year) :

বিরাট মহাকাশে যে অসংখ্য নক্ষত্ররাজি আছে তাহাদের ভিতরকার দূরত্ব এত বেশী যে মাইলে প্রকাশ করিলে উহা বিরাট সংখ্যায় দাড়াইবে। এই সুবিশাল দূরত্ব সমূহকে প্রকাশ করিবার জন্য জ্যোতির্বিজ্ঞানীরা 'আলোক-বর্ষ'কে দূরত্বের একক হিসাবে ব্যবহার করেন। প্রতি সেকেণ্ডে 186,000 মাইল

গতিবেগ লইয়া আলো এক বৎসর সময়ে যে দূরত্ব অতিক্রম করে তাহাকে এক আলোক-বর্ষ ধরা হয়। সুতরাং

$$1 \text{ আলোক-বর্ষ} = 186000 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ মাইল}$$
$$= 5{\cdot}86 \times 10^{12} \text{ miles (প্রায়)}$$

$$\text{অথবা, } 1 \text{ আলোক-বর্ষ} = 300{,}000 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{ কিলোমিটার}$$
$$= 9{\cdot}45 \times 10^{12} \text{ কিলোমিটার।}$$

সারাংশ

আলো এমন এক বাহ্যিক প্রেরণা যাহা চোখে কোন বস্তু সম্বন্ধে দর্শন অনুভূতি সৃষ্টি করে। তাপ, বিদ্যুৎ প্রভৃতির ন্যায় আলোকও এক প্রকার শক্তি। ইহা তরঙ্গের আকারে এক স্থান হইতে অন্যস্থানে চলাচল করে।

আলোক কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমের মধ্য দিয়া সরল রেখা অবলম্বন করিয়া চলে।

সূচী-ছিদ্র ক্যামেরা : ইহা দ্বারা আলোকের ঋজুগতি প্রমাণিত হয়। একটি কার্ডবোর্ডের বাক্সের সম্মুখতলে একটি সূচীছিদ্র করিয়া পশ্চাদ্ভাগে একটি ঘষা-কাচের প্লেট রাখা হয়। কোন দ্রব্য ছিদ্রের সম্মুখে রাখিলে কাচের প্লেটের উপর উহার উল্টা প্রতিকৃতি পড়ে।

ছায়া : আলোকের গতিপথে অস্বচ্ছ বস্তু রাখিলে বস্তুর ছায়া সৃষ্টি হয়। ইহাও আলোকের ঋজুগতির প্রমাণ।

আলোকের উৎস ও অস্বচ্ছ বস্তুর আপেক্ষিক আকৃতির উপর ছায়ার আকৃতি নির্ভর করে। উৎস বিস্তৃত হইলে যে-ছায়ার সৃষ্টি হয় তাহার কতকাংশে সম্পূর্ণ অন্ধকার এবং বাকী অংশে আংশিক অন্ধকার দেখা যায়। প্রথমোক্ত অংশকে প্রচ্ছায়া ও অন্যটিকে উপচ্ছায়া বলে।

গ্রহণ : গ্রহণ চন্দ্রের ও সূর্যের হইয়া থাকে। অমাবস্যায় যখন চাঁদ পৃথিবী ও সূর্যের মধ্যে আসে তখন চাঁদের ছায়া পৃথিবীতে পড়িয়া সূর্যগ্রহণের সৃষ্টি করে। আবার পূর্ণিমায় যখন চাঁদ ও সূর্যের মাঝখানে পৃথিবী আসে তখন পৃথিবীর ছায়ার ভিতর চাঁদ প্রবেশ করিলে চন্দ্রগ্রহণ হয়।

চন্দ্র ও পৃথিবীর পরিভ্রমণের কক্ষতলের ভিতর সামান্য কৌণিক ব্যবধান থাকায় প্রত্যেক অমাবস্যা বা প্রত্যেক পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না।

আলোর গতিবেগ প্রতি সেকেণ্ডে প্রায় 186,000 মাইল। সূর্য হইতে পৃথিবীতে আলো আসিতে প্রায় 8·3 মিনিট সময় লাগে।

1 আলোক-বর্ষ $= 5{\cdot}86 \times 10^{12}$ মাইল অথবা $9{\cdot}45 \times 10^{12}$ কিলোমিটার।

প্রশ্নাবলী

1. উপযুক্ত পরীক্ষা দ্বারা বুঝাইয়া দাও যে আলো সরলরেখায় চলাচল করে।

[Explain with suitable illustration that light travels in straight line.]
[cf. *H. S. (Comp.) 1961*]

2. সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার বর্ণনা ও কার্যপ্রণালী ব্যাখ্যা কর। সূচী-ছিদ্রের আকার বড় করিলে কি হয়? ছিদ্র হইতে ঘষা-কাচের দূরত্ব বৃদ্ধি করিলে কি হয়?

[Describe a pin-hole camera and explain its action. What happens if the hole is large? What change in the image is found when the ground glass-plate is moved farther away from the hole?]

3. একটি নক্শার সাহায্যে সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। ছিদ্রের আকার বৃদ্ধি করিলে কি হয়?

[Explain, with a diagram, the working of a pin-hole camera. What is the effect of increasing the size of the hole?] [*H. S. Exam., 1960, '62*]

4. একটি অন্ধকার ঘরে বাক্সের ভিতর একটি জ্বলন্ত মোমবাতি রাখা আছে; বাক্সের যে-কোন গায়ে একটি ছোট ছিদ্র করা হইল এবং ছিদ্র হইতে কিছু দূরে একখানি সাদা কাগজ ধরা হইল। কাগজের উপর কি দেখা যাইবে তাহা বর্ণনা কর ও উহার উৎপত্তির কারণ ব্যাখ্যা কর।

[A burning candle is placed inside a box in a dark room. A small hole is cut on one side of the box and a sheet of white paper is held at a short distance in front of the hole. Describe and explain the appearance seen on the paper.]

5. 10 ft × 10 ft একটি অন্ধকার ঘরের একটি দেওয়ালের মধ্যস্থলে একটি ক্ষুদ্র ছিদ্র আছে। ছিদ্র হইতে বাহিরে এবং কিছু দূরে 55 ft. উঁচু একটি গাছ আছে। ছিদ্রের বিপরীত দিকের দেওয়ালে গাছের 11 inches উঁচু একটি প্রতিকৃতি দেখিতে পাওয়া গেল। ছিদ্র হইতে গাছের দূরত্ব কত?

[A dark room 10 ft. square with white walls has a small hole on the centre of one wall. An image of a tree 11 inches high is formed on the opposite wall, the tree being 55 ft. high and situated at a certain distance outside the hole. How far is the tree from the hole?] [Ans. 600 ft.]

6. একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ছিদ্র হইতে পর্দার দূরত্ব 8 inches এবং পর্দার দৈর্ঘ্য 6 inches; 200 ft. উঁচু একটি গাছের পূর্ণ প্রতিকৃতি পর্দায় গঠন করিতে হইলে গাছ হইতে ক্যামেরা কতদূরে রাখিতে হইবে?

[The distance of the pin-hole to the plate, in a pin-hole camera, is 8 inches. How far from a tree 200 ft. high must the camera be placed to get the whole image of the tree on the plate if it is 6 inches high?] [Ans. 266·6 ft.]

7. একটি সূচী-ছিদ্র ক্যামেরার ছিদ্র হইতে 15 cm দূরে একটি মোমবাতি আছে। বাতিটির শিখা 2 cm দীর্ঘ। ক্যামেরার পর্দাটি ছিদ্র হইতে 25 cm. দূরে স্থাপিত হইলে প্রতিকৃতির সাইজ কত হইবে?

[A candle flame 2 cms. high is at a distance of 15 cm. from the pin-hole of a pin-hole camera. Find the size of the image when the screen of the camera is placed 25 cm. from the hole.] [Ans. 3·33 cm.]

8. ছায়াব সৃষ্টি কিরূপে হয়? একটি বিস্তৃত আলোকপ্রভব হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া একটি বিস্তৃত অস্বচ্ছ বস্তু দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হইলে কিরূপে প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়াব সৃষ্টি হয় তাহা নক্‌শা দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

[How are shadows formed ? Explain, with a diagram, the formation of umbra and penumbra when rays of light from an extended source are obstructed by an extended object.] [cf. *H. S. Exam. 1961*]

9. প্রচ্ছায়া ও উপচ্ছায়ার ভিতর পার্থক্য কি ? পাখি যখন নীচু দিয়া উড়ে তখন উহাব ছায়া মাটিতে পড়ে কিন্তু উপবে উঠিলে আব ছায়া দেখা যায় না। কেন ?

[What is the difference between umbra and penumbra ? When a bird flies at a very low altitude, its shadow on the earth is distinguishable. But as the bird moves higher up, the shadow becomes gradually indistinguishable. Why ?]

10. পত্রবহুল বড গাছেব ছায়ার মধ্যে গোল এবং ডিম্বাকার আলোকচক্র দেখা যায কেন ?

[Why are circular and elliptical patches of light seen in the shadow of a big tree ?]

11. 4 inches ব্যাসেব গোলাকাব একটি আলোক উৎস হইতে 3 ft. দূবে 2 inches ব্যাসের একটি গোল অস্বচ্ছ বস্তু রাখা আছে। বস্তু হইতে নিকটতম কত দূবে একখানি পর্দা বাখিলে পর্দায় প্রচ্ছায়া-বিহীন ছায়া হইবে ?

[A circular uniform source of light, 4 inches in diameter, is placed at a distance of 3 ft. from a spherical opaque body 2 inches in diameter. Find the shortest distance from the latter at which a screen may be placed so as to have no umbra in the shadow cast upon it.] [Ans. 3 ft.]

12. গ্রহণ কাহাকে বলে ? সুন্দর চিত্র আঁকিয়া চন্দ্রের ও সূর্যের গ্রহণ ব্যাখ্যা কব।

[What is an eclipse ? Explain, with neat diagrams, the occurrence of lunar and solar eclipses.] [*cf. H. S. Exam. 1961*]

13. সূর্যগ্রহণ ও চন্দ্রগ্রহণ বুঝাইবাব জন্য দু'খানি পবিষ্কাব ছবি আঁক। (কোন ব্যাখ্যার প্রয়োজন নাই)।

তোমাব আঁকা সূর্যগ্রহণের ছবি হইতে বল (i) পৃথিবীর আলোকিত গোলার্ধের সব জায়গা হইতে গ্রহণ দেখা যায না কেন ? (ii) একস্থানে সূর্যেব পূর্ণগ্রহণ এবং অন্য স্থানে খণ্ড গ্রহণ দেখা যায় কেন ?

প্রত্যেক অমাবস্যা এবং পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না কেন ?

[Draw two neat diagrams to illustrate the eclipses of the sun and moon. (only diagrams and no descriptions are necessary). In reference to the dia-

gram of solar eclipse that you draw explain why (i) a solar eclipse is not visible at all places over the illuminated hemisphere of the earth (ii) a solar eclipse may be *total* at a place but *partial* at another ? Why do not eclipses take place at every full moon and new moon ?] [H. S. *Exam. 1963*]

14. বলয় গ্রহণ কি ? ইহা সূর্যের হয় না চন্দ্রের হয় ? ইহা কিরূপে হয় ? প্রত্যেক অমাবস্যা এবং পূর্ণিমাতে গ্রহণ হয় না কেন ?

[What is an annular eclipse ? Does it take place for the sun or for the moon ? How does it take place ? Why don't we find eclipse occuring on every full moon and new moon ?]

15. সূর্যের ব্যাস 9×10^5 মাইল, পৃথিবী হইতে সূর্যের দূরত্ব 9×10^7 মাইল এবং চন্দ্রের ব্যাস 2100 মাইল। পৃথিবীর উপরিস্থ কোন একটি বিন্দু হইতে পূর্ণ সূর্যগ্রহণ দেখা গেলে পৃথিবী হইতে চন্দ্রের তখনকার দূরত্ব নির্ণয় কর। হিসাবের সুবিধার জন্য ঐ বিন্দু এবং পৃথিবীর কেন্দ্র এক ধরিয়া লইতে পারো।

[The diameter of the sun being taken as 9×10^5 miles and its distance from the earth 9×10^7 miles and the diameter of the moon 2100 miles, find the distance of the earth from the moon at the time of a solar eclipse when the eclipse is total only at a single point on the earth. For convenience of calculation, the point in question and the centre of the earth may be assumed coincident.] [Ans. 21×10^4 miles]

16. একটি পয়সা হইতে 9 ft দূরে কোন বিন্দুতে সূর্য ও পয়সাটি একই কোণ উৎপন্ন করে। পয়সা হইতে 5 ft দূরে আলোকরশ্মির সহিত লম্বভাবে একখানি কাগজ রাখিলে ঐ কাগজের উপর পয়সার যে ছায়া পড়িবে তাহার ব্যাস নির্ণয় কর। সূর্যের ব্যাস = 86,0000 মাইল এবং সূর্য হইতে পৃথিবীর দূরত্ব = 98,000,000 মাইল।

[The sun subtends the same angle as a pice subtends at a distance of 9 ft. Calculate the diameter of the shadow of the pice cast by the sun on a paper held perpendicular to the ray at a distance of 5 ft. from the pice. The diameter of the sun = 86,0000 miles and the distance between the sun and the earth = 98,000,000 miles.] [Ans. 0·44 inch]

17. $5\frac{1}{2}$ ফুট উচ্চতার জনৈক ব্যক্তি রাস্তার আলোকদণ্ড হইতে 5 ফুট দূরে দাঁড়াইয়া আছে। আলোটি রাস্তা হইতে 9 ফুট উঁচু। ব্যক্তিটির ছায়ার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A man, $5\frac{1}{2}$ feet high, is standing at a distance of 5 feet from a street lamp, the flame of which is 9 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow.] [*H. S. Exam. 1960*] [Ans. 7·8 ft.]

18. 2 metre উঁচু একটি খাড়া স্তম্ভ একটি খাড়া আলোকদণ্ড হইতে 2·5 metre দূরে আছে। বাতির উজ্জ্বল ফিলামেণ্ট ভূমি হইতে 4 metre উঁচুতে আছে। ভূমিতে স্তম্ভের যে ছায়া সৃষ্টি হইবে তাহার দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[A vertical pillar, 2 metre high, stands at a distance of 2·5 metres from the base of a vertical lamp-post. The incandescent filament of the lamp is at a

height of 4 metres from the ground. Determine the length of the shadow of the pillar on the ground below.] [Ans. 2·5 metres]

19. 'প্রচ্ছায়া' এবং 'উপচ্ছায়া'র ভিতর পার্থক্য কি ? ছায়া গঠিত হইবার মূল নীতি বর্ণনা কর। গোলীয় প্রতিবন্ধকের দরুন নিম্নলিখিত উৎসের দ্বারা গঠিত প্রচ্ছায়া এবং উপচ্ছায়ার অংশ পরিষ্কার ছবি আঁকিয়া দেখাও :—

(i) বিন্দু আলোক উৎস (ii) উজ্জ্বল গোলক কিন্তু আকারে প্রতিবন্ধক অপেক্ষা ক্ষুদ্র (iii) উজ্জ্বল গোলক কিন্তু আকারে প্রতিবন্ধক অপেক্ষা বৃহৎ।

কোন বর্ণনার প্রয়োজন নাই।

[Distinguish between 'Umbra' and 'Penumbra'. State the physical principle involved in the formation of shadows.

Indicate, by means of neat diagrams, the regions of umbra and penumbra if any, due to a spherical obstacle by—

(i) a point source of light (ii) a luminous sphere smaller in size than the obstacle (iii) a luminous sphere larger in size than the obstacle. No description is necessary.] [*H. S. (comp.) 1960*]

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

সমতলে আলোকের প্রতিফলন [Reflection of light at a plane surface]

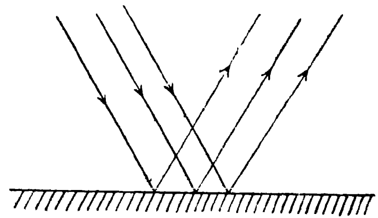
2-1. আলোকের প্রতিফলন (Reflection of light)

আমরা দেখিয়াছি যে কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমে আলোক সরলরেখায় গমন করে। কিন্তু আলো যখন এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে আপতিত হয় তখন ঐ আলোর কিয়দংশ দ্বিতীয় মাধ্যমের তল (surface) হইতে পুনরায় সরলরেখায় প্রথম মাধ্যমে ফিরিয়া আসে। এই ঘটনাকে আলোর **প্রতিফলন** বলে। দর্পণ দ্বারা আলোর প্রতিফলন তোমরা সকলেই দেখিয়াছ। কাচের জানালার উপর সূর্যের আলো আসিয়া পড়িলে আলো প্রতিফলিত হয়, তাহাও তোমরা জান। সুতরাং আমাদের দৈনন্দিন অভিজ্ঞতায় আলোর প্রতিফলন সর্বদাই দেখিতে পাই।

প্রতিফলকের তল অনুযায়ী আলোর প্রতিফলন দুই প্রকার হইতে পারে। যথা :—(1) **নিয়মিত** (regular) **প্রতিফলন**, (2) **বিক্ষিপ্ত** (diffused) **প্রতিফলন**।

2-2. নিয়মিত প্রতিফলন (Regular reflection) :

যদি প্রতিফলকের তল মসৃণ হয় তবে প্রতিফলিত রশ্মিগুলি একটি নির্দিষ্ট দিকে যাইবে এবং আপতিত রশ্মিগুচ্ছের সহিত প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছের মিল থাকিবে। 2ক নং চিত্রে একটি মসৃণ তলে একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি আপতিত হইয়াছে। উহাদের প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছও সমান্তরাল। এই ধরনের প্রতিফলনকে নিয়মিত প্রতিফলন বলে।

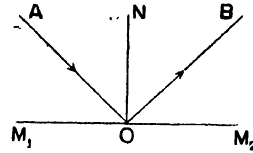


আলোকরশ্মির নিয়মিত প্রতিফলন

চিত্র 2ক

2খ নং চিত্রে একটি রশ্মি লইয়া নিয়মিত প্রতিফলন দেখানো হইয়াছে। AO রশ্মি M_1M_2 প্রতিফলক দ্বারা OB রশ্মিতে প্রতিফলিত হইয়াছে। এখানে AO রশ্মিকে **আপতিত** (incident) **রশ্মি** বলা হয় এবং OBকে

বলা হয় **প্রতিফলিত** (reflected) **রশ্মি** যে-বিন্দুতে আপতিত রশ্মি প্রতিফলকের উপর পড়ে (অর্থাৎ, O বিন্দু) তাহাকে বলা হয় **আপতন বিন্দু** (point of incidence)। আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর যদি লম্ব টানা যায় (ছবিতে ON), তবে উহাকে **অভিলম্ব** (normal) বলা হয়।



চিত্র 2খ

আপতিত রশ্মি অভিলম্বের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ ∠AON) উহাকে **আপতন কোণ** (angle of incidence) এবং প্রতিফলিত রশ্মি অভিলম্বের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ ∠BON) উহাকে **প্রতিফলন কোণ** (angle of reflection) বলে।

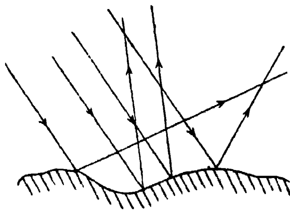
2-3. নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্র (Laws of regular reflection) **:** নিয়মিত প্রতিফলন নিম্নলিখিত দুইটি সূত্রানুযায়ী হইয়া থাকে।

1) **আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব একই সমতলে অবস্থান করে।**

(2) **আপতন কোণ সর্বদা প্রতিফলন কোণের সমান হইবে** অর্থাৎ ∠AON = ∠BON (চিত্র 2খ)।

2-4. বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন (Diffused reflection) **:**

যদি প্রতিফলকের তল অমসৃণ হয়, তবে প্রতিফলিত রশ্মিগুলি চতুর্দিক ছড়াইয়া পড়ে এবং আপতিত রশ্মিগুচ্ছের সহিত প্রতিফলিত রশ্মিগুচ্ছের কোন মিল থাকে না। 2গ নং চিত্রে একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি একটি অমসৃণ তলে আপতিত হইয়াছে। প্রত্যেকটি আলাদা রশ্মির নিয়মিত প্রতিফলন হইবে কিন্তু যেহেতু তল অমসৃণ সেই হেতু তলের বিভিন্ন বিন্দুতে অভিলম্ব বিভিন্ন দিকে হইবে। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মিগুলি চারিদিকে বিক্ষিপ্ত হইবে এবং আপতিত রশ্মির সহিত কোন মিল থাকিবে না। ইহাকে **বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন** বলা হয়।


আলোকরশ্মির বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন
চিত্র 2গ

ঘষা কাচ, সাদা কাগজ, ঘরের দেওয়াল, সিনেমার পর্দা ইত্যাদি অমসৃণ

বলিয়া বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন সৃষ্টি করে। ইহার ফলে এই বস্তুগুলি যেদিক হইতেই দেখা যাক না কেন সর্বত্র সমান উজ্জ্বল দেখাইবে। (কিন্তু সমতলে দর্পণ। নিয়মিত প্রতিফলন সৃষ্টি করে বলিয়া দর্পণের যে-অংশ প্রতিফলনে অংশ গ্রহণ করে সেই অংশই চকচকে দেখায়।)

ঘষা কাচ (ground glass) স্বচ্ছ নয় কিন্তু জলে ভিজাইলে উহা প্রায় স্বচ্ছ হয়। ইহার কারণ এই যে, কাচ ঘষা হওয়াতে উহার তল অমসৃণ এবং উহার উপর আলোকরশ্মি পড়িলে বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন হয়। তাই উহাকে অস্বচ্ছ দেখায় কিন্তু উহাকে জলে ভিজাইলে উহার দুই পৃষ্ঠে জলের একটি সূক্ষ্ম স্তর পড়ে। ইহাতে অমসৃণ তল কিছুটা মসৃণ হয় এবং আলোকরশ্মির মোটামুটি নিয়মিত প্রতিফলন হয়। তখন উহাকে প্রায়-স্বচ্ছ দেখায়।

2-5. **প্রতিফলন সূত্রসমূহের পরীক্ষামূলক প্রমাণ** (Experimental verification of the laws of reflection) :

প্রতিফলনের সূত্র পরীক্ষামূলকভাবে দুই উপায়ে প্রমাণ করা যায়।

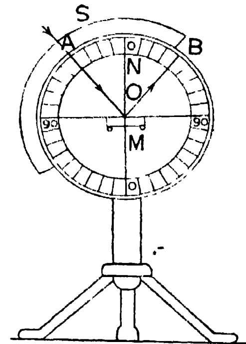
(1) হার্টল-এর আলোকচক্র (Hartle's optical disc) দ্বারা ও

(2) পিন দ্বারা।

পরীক্ষা :

(1) **হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা :**

একটি পাতলা গোলাকার ধাতবচক্র একটি দণ্ডের উপর খাড়াভাবে বসানো আছে। চক্রটি চার ভাগে ভাগ করিয়া প্রত্যেক ভাগ 0°—90° ডিগ্রী স্কেলে দাগ কাটা আছে। চক্রটিকে উহার কেন্দ্রগত একটি অনুভূমিক অক্ষের (horizontal axis) চতুর্দিকে লম্বতলে (vertical plane) ঘুরানো যায়। S একটি ধাতব পর্দা এবং উহার গায়ে একটি সরু ছিদ্র A আছে। এই ছিদ্র দিয়া আলোকরশ্মি প্রবেশ করে ও চক্রের তলে পতিত হয়। 90° – 90° রেখার সহিত মিশাইয়া একটি পাতলা সমতল দর্পণ (plane mirror) M লাগানো থাকে। সুতরাং 0° – 0° রেখা দর্পণের মধ্যস্থল দিয়া দর্পণের উপর অভিলম্ব হইবে (2ঘ নং চিত্র)।



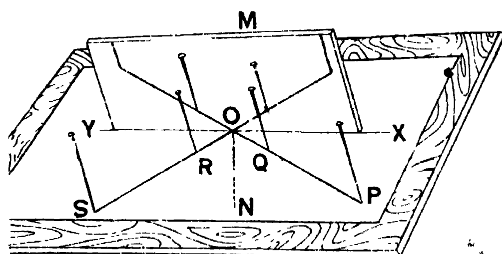
হার্টলের আলোকচক্র
চিত্র 2ঘ

A ছিদ্র দিয়া AO আলোকরশ্মি চক্রের গা বাহিয়া দর্পণের মধ্যস্থলে আপতিত হইলে OB রেখায় প্রতিফলিত হইবে। দেখা যাইবে, প্রতিফলিত রশ্মিও চক্রের গা বাহিয়া যাইতেছে। সুতরাং আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও অভিলম্ব চক্রের তলে অবস্থিত বলিয়া প্রথম সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইল।

আপতন ও প্রতিফলন কোণ চক্রের স্কেল হইতে সোজাসুজি পাওয়া যাইবে। দেখা যাইবে, ইহারা সমান। চক্রটি সামান্য ঘুরাইলে আপতিত রশ্মি নতুন আপতন কোণ সৃষ্টি করিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে প্রতিফলন কোণ পরিবর্তিত হইবে এবং এই অবস্থায় ইহারা পুনরায় সমান হইবে। সুতরাং ইহা দ্বারা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

(2) **পিন দ্বারা :**

একটি সমতল বোর্ডে একখানি সাদা কাগজ পিন দ্বারা আটকাও এবং পেন্সিল দিয়া XY একটি রেখা টান। একটি পাতলা সমতল দর্পণ M-কে খাড়াভাবে XY রেখার সহিত মিলাইয়া আটকাও। এইবার P ও Q দুইটি পিন এমনভাবে আঁট যেন উহাদের পদদ্বয় যোগ করিলে PQ সরলরেখা দর্পণকে আনতভাবে (obliquely) O বিন্দুতে স্পর্শ করে। দর্পণের ভিতর দিয়া দেখিলে P ও Q-র প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। বাঁ দিক হইতে তাকাইয়া প্রতিবিম্ব দুইটি এক সরলরেখায় থাকে এমনভাবে চোখ রাখিয়া R ও S দুইটি পিন আঁট যেন উহারা P ও Q-র প্রতিবিম্বের সহিত একই



পিনদ্বারা প্রতিফলনের সূত্র প্রমাণ
চিত্র 2৬

সরলরেখায় থাকে (2৬ নং চিত্র)। পিনগুলির অবস্থান পেন্সিল দ্বারা চিহ্নিত কর। এইবার দর্পণ ও পিন সরাইয়া PQ সরলরেখা ও SR সরলরেখা বর্ধিত করিলে উহারা XY রেখার সহিত O বিন্দুতে মিলিত হইবে

এস্থলে PQ আপতিত রশ্মি ও RS প্রতিফলিত রশ্মি O বিন্দু হইতে XY রেখার উপর ON লম্ব টানিলে উহা দর্পণের উপর আপতন বিন্দুতে অভিলম্ব হইবে। উহারা সকলেই কাগজের তলে অবস্থিত বলিয়া প্রথম সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইতেছে।

দ্বিতীয় সূত্র প্রমাণ করিতে হইলে ∠PON ও ∠SON মাপ। ইহারা যথাক্রমে আপতন ও প্রতিফলন কোণ। দেখিবে এই কোণ দুইটি সমান, অর্থাৎ আপতন কোণ = প্রতিফলন কোণ।

2-6. আলোকরশ্মির প্রত্যাগমন (Reversibility of a ray of light) :

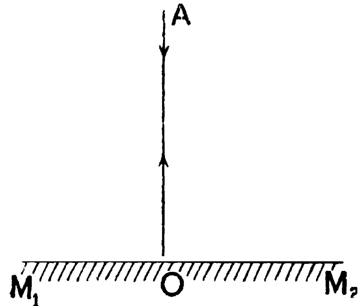
2থ নং চিত্র হইতে আমরা জানিতে পারি যে AO যদি আপতিত রশ্মি হয় এবং OB যদি তাহার প্রতিফলিত রশ্মি হয়, তবে ∠AON = ∠BON এখন যদি কোন রশ্মি BO রেখায় M_1M_2 দর্পণের উপর আপতিত হয় তবে আপতন কোণ = ∠BON.

সুতরাং প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী ∠AON প্রতিফলন কোণ হইতে হইবে অর্থাৎ রশ্মিকে OA রেখায় প্রতিফলিত হইতে হইবে।

ইহার অর্থ এই যে কোন রশ্মি যদি প্রতিফলিত হইয়া A বিন্দু হইতে B বিন্দুতে পৌছায়, তবে রশ্মি উল্টাপথে প্রতিফলিত হইয়া B বিন্দু হইতে A বিন্দুতে পৌছাইবে। ইহাকে আলোকরশ্মির প্রত্যাগমন বলে।

2-7. রশ্মির অভিলম্ব আপতন (Normal incidence of a ray) :

ধরা যাউক, কোন রশ্মি M_1 M_2 দর্পণের উপর লম্বভাবে AO সরলরেখায় আপতিত হইল। এস্থলে আপতন কোণের মান শূন্য; অতএব প্রতিফলনের সূত্র অনুযায়ী প্রতিফলন কোণের মান শূন্য। কাজেই প্রতিফলিত রশ্মি OA পথে প্রত্যাগমন করিবে (2চ নং চিত্র)।



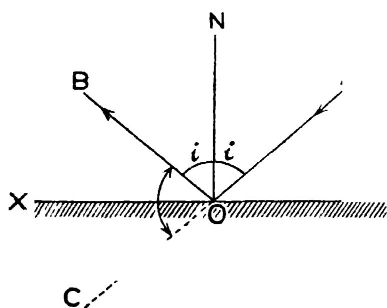
রশ্মির অভিলম্ব আপতন
চিত্র 2চ

সুতরাং মনে রাখিবে যে কোন

রশ্মি যদি দর্পণের উপর অভিলম্বভাবে আপতিত হয় তবে পুনরায় অভিলম্বভাবে ঐ পথে প্রতিফলিত হইয়া ফিরিয়া যাইবে।

2-8. প্রতিফলনের ফলে রশ্মির চ্যুতি (Deviation of a ray due to reflection) :

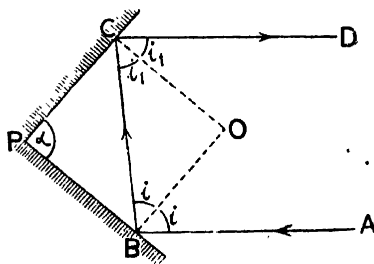
আলোকরশ্মি কোন প্রতিফলক দ্বারা প্রতিফলিত হইলে আপন পথ হইতে চ্যুত হয়। মনে কর, AO একটি আলোকরশ্মি কোন প্রতিফলকের উপর O বিন্দুতে আপতিত হইল। আপতন কোণ $\angle AON = i$. রশ্মি প্রতিফলিত হইয়া OB পথে গেল [চিত্র নং 2ছ (i).] প্রতিফলন কোণ $\angle BON = i$ [প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী]।



চিত্র 2ছ (i)

এখন, প্রতিফলক না থাকিলে AO রশ্মি সোজা AOC পথে চলিয়া যাইত। প্রতিফলনের দরুন ঘুরিয়া OB পথে গিয়াছে—অর্থাৎ রশ্মির চ্যুতি হইয়াছে। এ স্থলে $\angle BOC$ রশ্মির চ্যুতি কোণের (angle of deviation) পরিমাপ করে। চিত্র হইতে বোঝা যায় যে $\angle BOC = 180^\circ - \angle BOA$ $= 180^\circ - 2i$.

এখন মনে কর, দুইটি প্রতিফলক PB এবং PC পরস্পরের সহিত α কোণে আনত আছে [চিত্র নং 2ছ (ii)] এবং একটি রশ্মি AB প্রথমে প্রতিফলকে B বিন্দুতে প্রতিফলিত হইয়া BC পথে দ্বিতীয় প্রতিফলকে আপতিত হইল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া CD পথে নির্গত হইল। এক্ষেত্রে মোট চ্যুতি কত হইবে ?



চিত্র 2ছ (ii)

মনে কর, B বিন্দুতে আপতন ও প্রতিফলন কোণ $= i$ এবং C বিন্দুতে আপতন ও প্রতিফলন কোণ $= i_1$.

এখন, পূর্বের আলোচনা হইতে আমরা লিখিতে পারি যে B-বিন্দুতে প্রতিফলনের দরুন চ্যুতি $=180^\circ-2i$ এবং C বিন্দুতে প্রতিফলনের দরুন চ্যুতি $=180^\circ-2i_1$.

সুতরাং মোট চ্যুতি $=180^\circ-2i+180^\circ-2i_1$

$$=360^\circ-2(i+i_1)$$

এখন CBO ত্রিভুজের কথা বিবেচনা করিলে, $i+i_1=180^\circ-\angle BOC$
আবার PCOB চতুর্ভুজের ,, ,, ,, $\alpha=180^\circ-\angle BOC$
[কারণ $\angle PCO$ এবং $\angle PBO$ উভয়েই 90°]

$\therefore \quad \alpha=i+i_1$

কাজেই রশ্মির দুইবার প্রতিফলনে মোট চ্যুতি $=360^\circ-2\alpha$

যদি প্রতিফলক দুইটি সমকোণে থাকে তবে $\alpha=90^\circ$ এবং সেক্ষেত্রে মোট চ্যুতি $=360^\circ-2\times90=180^\circ$ অর্থাৎ, রশ্মির আগমন এবং নির্গমন পথ সমান্তরাল থাকিবে কিন্তু উহারা বিপরীতমুখী হইবে।

2-9. প্রতিবিম্ব ও উহার সংজ্ঞা (Image and its definition) :

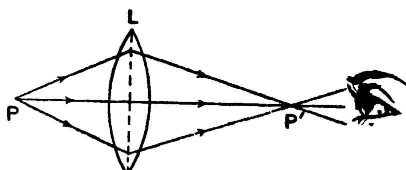
প্রতিবিম্ব তোমরা সকলেই দেখিয়াছ। দর্পণের সম্মুখে দাঁড়াইলে আমরা আমাদের আকৃতির প্রতিবিম্ব দেখি। পুকুরের পাড়ে গাছ থাকিলে জলে উহার প্রতিবিম্ব দেখা যায়। এই প্রতিবিম্বের উৎপত্তি কিরূপে হয় ?

সাধারণত বস্তু হইতে আলোকরশ্মি যখন সোজাসুজি আমাদের চোখে আসে তখন আমরা বস্তুটিকে দেখি। কিন্তু যখন আলোকরশ্মি প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত (refracted) হইয়া বাঁকিয়া আমাদের চোখে আসে তখন মনে হয় বস্তুটি অন্য জায়গায় আছে। চোখে যে-রশ্মিগুলি পৌছায় তাহাদের পশ্চাতে বর্ধিত করিলে তাহারা যে-বিন্দুতে ছেদ করে, বস্তুটি সেখানে আছে বলিয়া মনে হয়। প্রকৃতপক্ষে বস্তুটির কোন স্থান পরিবর্তন হয় না। এই যে নতুন জায়গায় বস্তুটি আছে বলিয়া মনে হয়, তাহাকে বস্তুর প্রতিবিম্ব বলে।

সুতরাং যখন কোন বিন্দু প্রভব (point source) **হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া অন্য কোন বিন্দুতে মিলিত হয় বা অন্য কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দু প্রভবের প্রতিবিম্ব বলা হয়।**

প্রতিবিম্ব দুই প্রকারের হইতে পারে। যথা :—(1) সদ্‌বিম্ব (real image) ও (2) অসদ্‌বিম্ব (virtual image)।

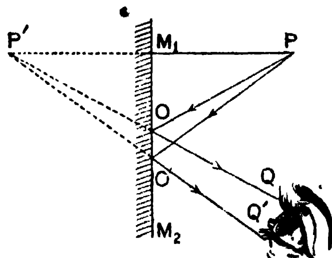
সদ্‌বিম্ব : বিন্দু প্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি অন্য কোন বিন্দুতে মিলিত হয় তবে ঐ বিন্দুকে প্রভবের **সদ্‌বিম্ব** (real image) বলা হয়। 2জ (i) নং চিত্রে P বিন্দু-প্রভব হইতে রশ্মিগুচ্ছ L উত্তল লেন্স দ্বারা প্রতিসৃত হইয়া P′ বিন্দুতে মিলিত হইতেছে এবং পরে চোখে যাইয়া পড়িতেছে। এস্থলে লেন্সের ভিতর দিয়া P বিন্দুর দিকে তাকাইলে চোখ P′ বিন্দুতে উহার প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে। এই প্রতিবিম্বকে সদবিম্ব বলা হয়। P-বিন্দুতে কোন সাদা পর্দা রাখিলে পর্দার উপরে P-এর প্রতিবিম্ব পড়িবে।



সদ্‌বিম্ব
চিত্র 2জ (i)

অসদ্‌বিম্ব : বিন্দু প্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি অন্য কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রভবের অসদ্‌বিম্ব (virtual image) বলা হয়।

2জ (ii) নং চিত্রে M_1M_2 সমতল দর্পণের সম্মুখে P একটি বিন্দু প্রভব। P হইতে রশ্মিগুচ্ছ বহির্গত হইয়া দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইতেছে এবং চোখে গিয়া পড়িতেছে। দর্পণের ভিতর দিয়া তাকাইলে মনে হইবে প্রতিফলিত রশ্মি-গুলি P′ বিন্দু হইতে আসিতেছে অর্থাৎ, মনে হইবে P বিন্দু P′ বিন্দুতে অবস্থিত। সুতরাং P′ বিন্দু P বিন্দুর অসদ্‌বিম্ব। এস্থলে P′ বিন্দুর স্থানে পর্দা রাখিলে পর্দায় কোন প্রতিবিম্ব পড়িবে না। সুতরাং অসদ্‌বিম্ব কেবলমাত্র চোখে দেখা যায়।



অসদ্‌বিম্ব
চিত্র 2জ (ii)

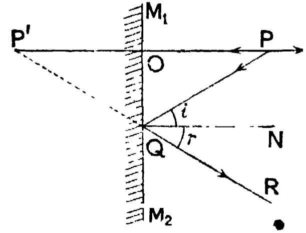
সদ্ ও অসদ্বিম্বের পার্থক্য ঃ ৫.

(1) কোন বিন্দু হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া যদি এক বিন্দুতে মিলিত হয় তবেই সদ্বিম্ব সৃষ্টি হয় কিন্তু যদি তাহারা এক বিন্দুতে মিলিত না হইয়া কোন এক বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তবে অসদ্বিম্বের সৃষ্টি হয়।

(2) সদ্বিম্ব চোখে দেখা যায় এবং পর্দাতেও ফেলা যায়। **কিন্তু অসদ্-বিম্ব** শুধু চোখে দেখা যায়, পর্দাতে ফেলা যায় না।

2-10. সমতল দর্পণে প্রতিবিম্ব ঃ

M_1M_2 একটি সমতল দর্পণ ও P উহার সম্মুখে অবস্থিত একটি বিন্দু-প্রভব। P হইতে PO রশ্মি দর্পণে অভিলম্ব-রূপে আপতিত হইয়া পুনরায় OP পথে অভিলম্বভাবে প্রতিফলিত হইয়া প্রত্যাবর্তন করিল। আর একটি রশ্মি PQ প্রতিফলিত হইয়া QR পথে গমন করিল। সুতরাং $\angle PQN = \angle RQN$ (2ঝ নং চিত্র)। OP ও QR এই দুইটি প্রতিফলিত রশ্মি পিছনে বর্ধিত করিলে P′ বিন্দুতে মেলে।



সমতল দর্পণে প্রতিবিম্ব
চিত্র 2ঝ

অর্থাৎ, মনে হইবে প্রতিফলিত রশ্মিদ্বয় P′ বিন্দু হইতে আসিতেছে। সুতরাং P′ বিন্দু P বিন্দুর অসদ্বিম্ব।

এখন, $\angle PQN = \angle OPQ$ (যেহেতু QN ও OP সমান্তরাল).

আবার একই কারণে $\angle NQR = \angle OP'Q$

সুতরাং, $\angle OPQ = \angle OP'Q$ [কারণ $\angle PQN = \angle NQR$]

এবার, $\triangle^s$ QOP ও QOP′ লও। ইহাদের মধ্যে

$\angle OPQ = \angle OP'Q$

$\angle QOP = \angle QOP'$ [∵ উভয়েই 90°]

এবং QO দুই ত্রিভুজেরই বাহু।

∴ ত্রিভুজদ্বয় সর্বসম। সুতরাং, $OP = OP'$

অর্থাৎ, **প্রভব-P দর্পণের যতটা সম্মুখে প্রতিবিম্ব-P′ দর্পণ হইতে ততটা পিছনে এবং PP′ সরলরেখা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে।**

অতএব সমতল দর্পণ যে-প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে তাহার নিম্নলিখিত ধর্ম বর্তমান :

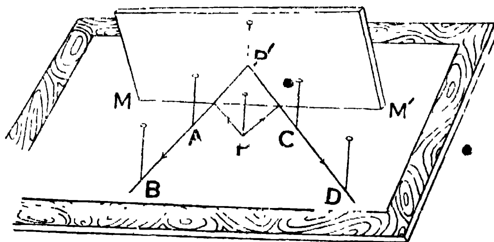
(1) **দর্পণ হইতে বস্তুর দূরত্ব** (object distance) = **দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব** (image distance)।

(2) **প্রতিবিম্ব ও বস্তু সরলরেখা দ্বারা সংযুক্ত করিলে তাহা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে।**

(3) **প্রতিবিম্ব অসদ্।**

2-11. পিন দ্বারা প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় (Location of image by pins) :

সমতল বোর্ডে আটকানো একখণ্ড কাগজের উপর MM′ একটি সমতল দর্পণ খাড়াভাবে আটকানো আছে। উহার সম্মুখে P একটি পিন। P′



পিন দ্বারা প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয়

চিত্র 2ঞ

বিন্দু দর্পণ কর্তৃক P-এর প্রতিবিম্ব। P′ বিন্দুর অবস্থান নির্ণয় করিতে হইবে। P বিন্দুর ডান পাশ হইতে তাকাইয়া C এবং D দুইটি পিন এমনভাবে পোতা হইল যে C, D এবং P-এর প্রতিবিম্ব এক সরলরেখায় থাকে (2 ঞ নং চিত্র)। তেমনি P-পিনের বাঁ পাশ হইতে তাকাইয়া A এবং B দুইটি পিন এমনভাবে বসানো হইল যে উহারা এবং P-এর প্রতিবিম্ব এক সরলরেখায় থাকে। এখন, আমরা মনে করিতে পারি যে P-পিন হইতে রশ্মিগুচ্ছ MM′ দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া AB এবং CD সরলরেখায় গিয়াছে।

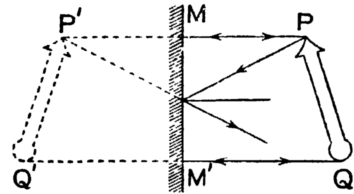
A, B, C এবং D পিনগুলির অবস্থান চিহ্নিত করিয়া দর্পণসহ উহাদের সরাইয়া ফেলা হইল। AB এবং CD সরলরেখাদ্বয়কে পিছনে প্রসারিত করিলে তাহারা P′ বিন্দুতে মিলিত হইবে। উহাই হইবে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব।

PP′ সরলরেখা অঙ্কিত করিলে উহা MM′ সরলরেখাকে লম্বভাবে ছেদ করিবে এবং MM′ সরলরেখা হইতে P বিন্দুর দূরত্ব উক্ত সরলরেখা হইতে P′ বিন্দুর দূরত্বের সমান হইবে।

2-12. বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব (Image of an extended object) :

MM′ দর্পণের সম্মুখে PQ একটি বিস্তৃত বস্তু (2থ নং চিত্র)। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে **বিস্তৃত বস্তুকে অসংখ্য বিন্দুপ্রভবের সমষ্টি ধরা যাইতে পারে**। সুতরাং বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব নির্ণয় করিতে হইলে প্রত্যেক বিন্দুপ্রভবের প্রতিবিম্ব নির্ণয় করিয়া উহাদের সমষ্টি নির্ণয় করিলেই পূর্ণ প্রতিবিম্ব পাওয়া যাইবে।

PQ বস্তুর P বিন্দু হইতে দর্পণের উপর লম্ব টানিয়া উহাকে পিছনের দিকে সমান দূরে P′ বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত করিলে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব পাওয়া যাইবে। তেমনি সর্বনিম্ন বিন্দু Q হইতে MM′ রেখার উপর লম্ব টানিয়া সমদূরে Q′ পর্যন্ত প্রসারিত করিলে Q বিন্দুর প্রতিবিম্ব মিলিবে। P এবং Q-এর মধ্যবর্তী বিন্দুপ্রভবের প্রতিবিম্ব P′ এবং Q′-এর মধ্যে থাকিবে। সুতরাং P′Q′ হইল PQ বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব (2থ নং চিত্র)।

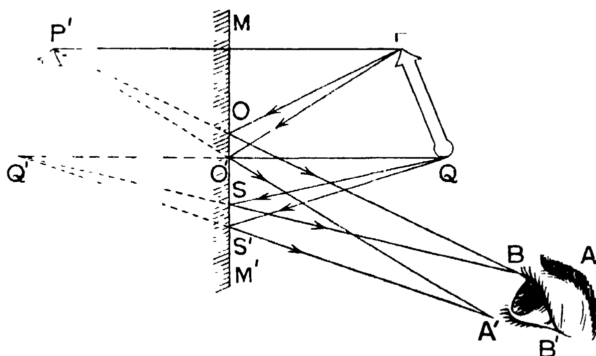


বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব
চিত্র 2থ

আলোকরশ্মির প্রতিফলনের দ্বারা উক্ত PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব দর্শক কিরূপে দেখিবে তাহা 2দ নং চিত্রে দেখানো হইল।

P বিন্দু হইতে PO এবং PO′ রশ্মিগুচ্ছ দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া চোখে এমনভাবে পৌঁছায় যে মনে হইবে P বিন্দু P′ বিন্দুতে অবস্থান করিতেছে অর্থাৎ P′ বিন্দু হইতেছে P বিন্দুর অসদ্‌বিম্ব। তেমনি সর্বনিম্ন Q বিন্দু হইতে QS ও QS′ রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত হইবার পর মনে হইবে

রশ্মিগুলি Q′ বিন্দু হইতে আসিতেছে। সুতরাং চোখ Q বিন্দুর অসদ্বিম্ব Q′ বিন্দুতে দেখিবে। এইভাবে PQ বস্তুর প্রত্যেক বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছ



আলোক রশ্মির প্রতিফলনে বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব
চিত্র 2দ

প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌঁছাইবে এবং পূর্ণ প্রতিবিম্ব P′Q′ সৃষ্টি করিবে।

উপরোক্ত ক্ষেত্রে একটি বিষয় লক্ষ্য করিবার আছে। PQ বস্তু ও চোখের অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া দর্পণের যে-অংশ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতে কার্যকর হইয়াছে তাহা হইল O হইতে S′ পর্যন্ত। সুতরাং উক্ত দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণ হইলেই প্রতিবিম্ব দেখা চলিবে। অবশ্য, চোখ বা বস্তু সরাইয়া লইলে দর্পণের কার্যকর অংশেরও পরিবর্তন হইবে।

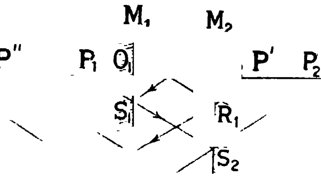
2-13. দুই দর্পণে পর পর প্রতিফলন (Multiple reflection at two mirrors) :

(ক) দুইটি সমান্তরাল দর্পণ (Two parallel mirrors) :

দুইটি দর্পণকে সমান্তরাল রাখিয়া উহাদের মধ্যবর্তী স্থানে দাঁড়াইয়া যে-কোন একটি দর্পণের দিকে তাকাইলে মুখের অসংখ্য প্রতিবিম্ব দেখা যায়, তাহা বোধ হয় তোমরা লক্ষ্য করিয়া থাকিবে। কিরূপে এই অসংখ্য প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হয় নিম্নে তাহা বুঝান হইল।

M_1 এবং M_2 দুইটি সমান্তরালভাবে রক্ষিত সমতল দর্পণ এবং P উহাদের মধ্যবর্তী স্থানে একটি আলোক বিন্দু। P বিন্দু হইতে M_1 M_2 দর্পণদ্বয়ের উপর লম্ব টানা হইল এবং উহাকে দুই পাশে বর্ধিত করা হইল। এই লম্ব M_1

ও M_2 দর্পণকে যথাক্রমে O_1 এবং O_2 বিন্দুতে ছেদ করিল (2ধ নং চিত্র)। প্রথমে M_1 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলন আলোচনা করা যাউক। উক্ত লম্বের উপর P_1 এমন একটি বিন্দু লও যাহাতে $O_1P_1 = O_1P$। এখন P বিন্দু হইতে আলোকগুচ্ছ M_1 কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া মনে হইবে যেন P_1 বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে। অতএব P_1 বিন্দু M_1 দর্পণকর্তৃক সৃষ্ট P বিন্দুর অসদ্‌বিম্ব। কিছু রশ্মি যেমন S_1S_2, দ্বিতীয় দর্পণ M_2 কর্তৃক পুনরায় প্রতিফলিত হইবে এবং যদি P_2 এমন বিন্দু লওয়া হয় যাহাতে $O_2P_1 = O_2P_2$ তবে মনে হইবে যেন ইহারা P_2 বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে, অর্থাৎ M_2 দর্পণ P_1 বিন্দুর অসদবিম্ব P_2 বিন্দুতে সৃষ্টি করিবে। যেহেতু P_2 বিন্দু আবার M_1 দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত সেইহেতু ঠিক একইভাবে M_1 দর্পণ P_2 বিন্দুর অসদ্‌বিম্ব P_3 বিন্দুতে সৃষ্টি করিবে যদি P_3 বিন্দু এমন হয় $O_1P_3 = O_1P_2$. এইরূপে ক্রমাগত প্রতিফলনের ফলে P_1, P_2, P_3 ইত্যাদি প্রতিবিম্বগুলি সৃষ্টি হইবে।





সমান্তরাল দর্পণদ্বয় কর্তৃক বহু প্রতিবিম্ব গঠন

চিত্র 2ধ

এইবার M_2 দর্পণকর্তৃক প্রতিফলন আলোচনা করা যাউক। M_2 দর্পণও M_1 দর্পণের ন্যায় প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। ইহার প্রথম প্রতিবিম্ব P' বিন্দু হইলে $O_2P = O_2P'$. P' বিন্দু এবার M_1 দর্পণের সম্মুখে থাকায় P'' বিন্দুতে ইহার প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হইবে এবং $O_1P' = O_1P''$, ইত্যাদি। এইভাবে P' P'' P''' প্রভৃতি বহু প্রতিবিম্বের সৃষ্টি হইবে।

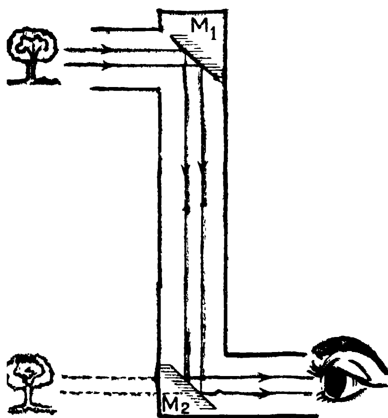
সুতরাং সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের মধ্যে অবস্থিত কোন আলোক বিন্দুর অঙ্কের হিসাবে অসংখ্য (infinite) প্রতিবিম্ব থাকিবে কিন্তু প্রত্যেক প্রতিফলনে দর্পণদ্বয় কিছু আলো শোষণ করে বলিয়া কিছু সংখ্যক প্রতিবিম্বের পর ইহা অস্পষ্ট হইয়া পড়ে এবং আর দেখা যায় না।

সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের ব্যবহারিক প্রয়োগ :

(i) **সরল পেরিস্কোপ** (Simple periscope) :

পূর্বোক্ত সমান্তরাল দর্পণদ্বয়ের নীতি অবলম্বন করিয়া সরল পেরিস্কোপ তৈরী হয়। 2ন নং চিত্রে উহার একটি নকশা দেখানো হইল।

M_1 এবং M_2 দুইটি সমতল দর্পণ সমান্তরালভাবে একটি কাঠের ফ্রেমে বা ধাতব নলে আট্‌কানো। দর্পণদ্বয়কে সমান্তরাল রাখিয়া এদিক-ওদিক ঘুরাইবার ব্যবস্থা আছে। ফ্রেমটিকে খাড়া অবস্থায় রাখিয়া নীচের দর্পণের দিকে তাকাইলে বহু দূরের জিনিস দেখা যাইবে। সাধারণত কোন দূরের জিনিস সোজাসুজি দেখিতে বাধা থাকিলে এই যন্ত্রের সাহায্যে তাহা দেখা যায়। দূরাগত আলোকরশ্মি M_1 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া নলের অক্ষ (axis) বরাবর আসিয়া M_2 দর্পণে পড়িবে এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া অনুভূমিকভাবে মানুষের চোখে পৌছাইবে। সুতরাং দূরের জিনিস সোজাসুজি না দেখিতে পাইলেও এইভাবে দেখা যাইবে।



সরল পেরিস্কোপ
চিত্র 2ন

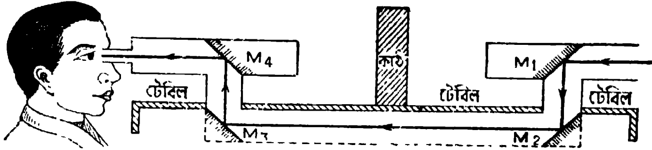
• গড়ের মাঠে বহু লোক এই ধরনের পেরিস্কোপ লইয়া ভীড়ের উপর দিয়া খেলা দেখে। যুদ্ধের সময় পরিখার ভিতর লুকাইয়া বিপক্ষ সৈন্যদের কার্যকলাপ এই পেরিস্কোপের সাহায্যে দেখা যায়। ডুবোজাহাজে ইহা অপেক্ষা উন্নত ধরনের পেরিস্কোপ ব্যবহৃত হয়।

(ii) মজার খেলা ; কাঠের ভিতর দিয়া দেখা ঃ

সমান্তরাল দর্পণ দিয়া তোমরা একটি মজার খেলা করিতে পার। নীচে এই খেলার আবশ্যকীয় ব্যবস্থা বর্ণনা করা হইল [2ন (i) নং চিত্র]।

M_1 এবং M_2 দুইটি সমান্তরাল দর্পণ—আবার M_3 এবং M_4 আর দুইটি সমান্তরাল দর্পণ। M_1 এবং M_4 একটি টেবিলের উপরে রক্ষিত এবং M_3 এবং M_2 টেবিলের নীচে আট্‌কানো। টেবিলের উপর দুইটি ছিদ্র থাকিবে যাহাতে M_1 দর্পণ দ্বারা প্রতিফলিত রশ্মি ছিদ্রপথে M_2 দর্পণে পড়িতে পারে এবং M_3 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত রশ্মি দ্বিতীয় ছিদ্রপথে M_4 দর্পণে পড়ে। M_1 এবং M_4 দর্পণদ্বয়কে দুইটি নলের মধ্যে বসাইয়া একই সরল রেখায় রাখিতে পারিলে আরো ভাল হয়। M_1 এবং M_4 দর্পণ দুইটির মাঝখানে একখানা

কাঠ বা কোন অস্বচ্ছ বস্তু রাখ। M_4 দর্পণের পিছনে চোখ রাখিলে কাঠের অন্যপার্শ্বে অবস্থিত বস্তু দেখা যাইবে। যে-ব্যক্তি টেবিলের তলার দর্পণদ্বয়ের অবস্থান সম্বন্ধে কিছু জানে না তাহার মনে হইবে কাঠের ভিতর দিয়া জিনিস দেখিতেছে। কিন্তু আসল ব্যাপার কি হইতেছে? দূরের কোন জিনিস হইতে



কাঠের ভিতর দিয়া দেখা

চিত্র 2ন (i)

আলোকরশ্মি M_1 দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া টেবিলের ছিদ্র দিয়া M_2 দর্পণে পড়িতেছে। ঐ রশ্মি টেবিলের সমান্তরালভাবে গিয়া M_3 কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া দ্বিতীয় ছিদ্র দিয়া M_4 দর্পণে পড়িতেছে এবং পরে দর্শকের চোখে পৌঁছাইতেছে।

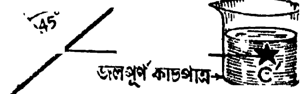
(iii) **জলের মধ্যে মোমবাতি জ্বলা** (Candle burning in water):

এই মজার খেলাটি দেখাইতে হইলে একটি পরিষ্কার কাচের প্লেট এবং জলপূর্ণ একটি কাচের পাত্র লইতে হইবে।

P হইল কাচের প্লেট। ইহাকে এমনভাবে রাখা হইয়াছে যে একটি জ্বলন্ত মোমবাতি C হইতে আলোকরশ্মি উহার উপরে 45° কোণে আপতিত হয় [চিত্র 2ন (ii)]। কাচের প্লেট রশ্মিকে আংশিকভাবে প্রতিফলিত করিবে এবং রশ্মিটি মোট 90° ঘুরিয়া মানুষের চোখে পৌঁছাইবে। কিন্তু চোখ দেখিবে যেন মোমবাতিটি C′ বিন্দুতে আছে। C′ হইবে C বিন্দুর প্রতিফলিত প্রতিবিম্ব। প্রতিবিম্বের স্থানে একটি জলপূর্ণ কাচপাত্র রাখিয়া দিলে কাচের প্লেটের ভিতর দিয়া

পর্দা- ★C





জলের মধ্যে মোমবাতি জ্বলা

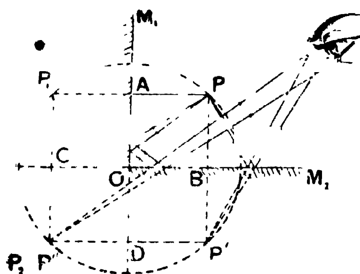
চিত্র 2ন (ii)

পাত্রটিকেও দেখা যাইবে এবং দর্শক মনে করিবে যেন জলের ভিতর মোমবাতি জ্বলিতেছে। খেলাটিকে চিত্তাকর্ষক করিতে হইলে C মোমবাতিটিকে একটি অস্বচ্ছ পর্দা দ্বারা এমনভাবে ঢাকিতে হইবে যেন মোমবাতি হইতে সরাসরি আলোকরশ্মি মানুষের চোখে না পৌছায় কিন্তু P-প্লেটের উপর যেন পড়িতে পারে। ফলে দর্শক মোমবাতিটিকে দেখিবে না কিন্তু জলের ভিতর উহার প্রতিবিম্ব দেখিবে।

(খ) **সমকোণে আনত দুইটি দর্পণ** (Two mirrors at right angles to each other) :

M_1 এবং M_2 দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের সহিত লম্বভাবে রক্ষিত অর্থাৎ $\angle M_1OM_2$ একটি সমকোণ। P একটি আলোকবিন্দু (2প নং চিত্র)।

M_1O দর্পণের উপর PAP_1 লম্ব টানিয়া যদি $P_1A = PA$ করা হয় তবে P_1 হইবে M_1O দর্পণকর্তৃক P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। আবার P_1 বিন্দু M_2O দর্পণের সম্মুখে পড়াতে উহার একটি প্রতিবিম্ব হইবে। এই প্রতিবিম্বের অবস্থান পাইতে গেলে M_2O রেখা বর্ধিত করিয়া উহার উপর PCP_2 লম্ব টান যাহাতে $P_1C = P_2C$ হয়। তাহা হইলে P_2 বিন্দু হইবে P_1 বিন্দুর প্রতিবিম্ব। চোখকে এই প্রতিবিম্ব দেখিতে হইলে আলোক-রশ্মির কিরূপ প্রতিফলন হওয়া প্রয়োজন তাহা 2প নং চিত্রে দেখানো হইয়াছে ; এখন P_2 বিন্দু উভয় দর্পণের পিছনে পড়াতে ইহার আর কোন প্রতিবিম্ব হইবে না।



সমকোণে আনত দুইটি দর্পণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন

চিত্র 2প

কিন্তু P বিন্দু OM_2 দর্পণের সম্মুখে বলিয়া P′ বিন্দুতে উহার একটি প্রতিবিম্ব হইবে এবং PB = BP′. আবার P′ বিন্দু M_1O দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত বলিয়া উহারও একটি বিম্ব সৃষ্টি হইবে। এই বিম্বের অবস্থিতি নির্ণয় করিতে গেলে M_1O রেখা বর্ধিত করিয়া উহার উপর P′D লম্ব টান এবং P′D-এর সমান করিয়া P″D পর্যন্ত উহাকে প্রসারিত কর। P″ হইবে P′ বিন্দুর প্রাতবিম্ব।

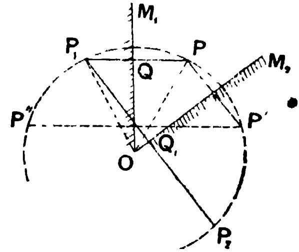
এবার ইহা উভয় দর্পণের পিছনে পড়াতে উহার আর কোন বিম্ব হইবে না। সরল জ্যামিতির দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে P_2 ও P'' বিন্দুদ্বয় একই।

সুতরাং সমকোণে রক্ষিত দর্পণদ্বয়ের মধ্যে অবস্থিত P বিন্দুর তিনটি প্রতিবিম্ব (P_1, P' এবং P_2 অথবা P'') পাওয়া যাইবে। এই প্রতিবিম্বগুলি মূল বিন্দু সহ একটি বৃত্তের উপর অবস্থিত থাকিবে যাহার কেন্দ্র হইবে O বিন্দু এবং ব্যাসার্ধ হইবে OP.

(গ) **যে-কোন কোণে অবস্থিত দুইটি দর্পণ** (Two mirrors inclined at any angle) :

M_1 এবং M_2 দুইটি দর্পণ M_1OM_2 কোণে অবস্থিত। P উহাদের মধ্যে অবস্থিত একটি আলোকবিন্দু (2ফ নং চিত্র)।

P বিন্দু হইতে M_1O রেখার উপর PQ লম্ব টান এবং উহাকে P_1 পর্যন্ত বর্ধিত কর যাহাতে $PQ = P_1Q$ হয়। অতএব P_1 হইবে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। আবার P_1 বিন্দু M_2O দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া একটি প্রতিবিম্ব P_2 সৃষ্টি করিবে যদি $P_1Q_1P_2$ রেখা M_2O রেখার উপর লম্ব হয় এবং $P_1Q_1 = P_2Q_1$ হয়। এইভাবে যতক্ষণ না প্রতিবিম্ব উভয় দর্পণের পিছনে পড়ে ততক্ষণ বার বার প্রতিফলনের জন্য প্রতিবিম্বরাশি সৃষ্টি হইবে।



যে কোন কোণে আনত দুইটি দর্পণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন
চিত্র 2ফ

আবার M_2O দর্পণকর্তৃক P বিন্দুর প্রতিফলন বিবেচনা করিলে উপরোক্তভাবে P', P'' প্রভৃতি প্রতিবিম্বরাশি সৃষ্টি হইবে।

এইবার, POQ এবং P_1OQ ত্রিভুজ দুইটি লও।

$PQ = P_1Q$

$\angle OQP = \angle OQP_1$ [প্রত্যেকে 1 সমকোণ]

QO সাধারণ বাহু।

সুতরাং, ত্রিভুজদ্বয় সর্বসম। কাজেই $PO = P_1O$

ঠিক এইভাবে প্রমাণ করা যাইতে পারে যে $P_1O = P_2O = P'O = P''O$ ইত্যাদি।

অর্থাৎ, প্রতিবিম্বগুলি মূলবিন্দু P-সহ একটি বৃত্তের উপর অবস্থিত থাকিবে যাহার কেন্দ্র হইল O বিন্দু ও ব্যাসার্ধ হইল OP.

যদি $\angle M_1OM_2 = \theta$ হয়, তবে প্রমাণ করা যায় প্রতিবিম্বের সংখ্যা $n = \left(\frac{360}{\theta} - 1\right)$ অর্থাৎ, যদি ধরা যায় যে দর্পণদ্বয় 60° কোণ করিয়া অবস্থান করিতেছে তবে উহাদের মধ্যে অবস্থিত কোন আলোক বিন্দুর প্রতিবিম্বের সংখ্যা $n = \left(\frac{360}{60} - 1\right) = 5$

কার্যকর প্রয়োগ ঃ

ক্যালিডোস্কোপ (The kaleidoscope): ইহা ছোট ছেলে-মেয়েদের একটি খেলনা। যে-কোন কোণে অবস্থিত দুইটি দর্পণ যেভাবে প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে সেই নীতিকে এই যন্ত্রে প্রয়োগ করা হইয়াছে।

একটি নলের ভিতর তিনখানি সমতল দর্পণের পাত পরস্পরের সহিত 60° কোণ করিয়া বসানো। নলের একপ্রান্ত একখানি শক্ত কার্ডবোর্ডের টুক্‌রা দ্বারা বন্ধ করা এবং ইহার মাঝখানে একটি ছিদ্র আছে। নলের অপর প্রান্ত একখানি ঘষা কাচ দ্বারা বন্ধ করা থাকে। এই ঘষা কাচের উপর এবং দর্পণ তিনটির ভিতর কয়েক টুক্‌রা বিভিন্ন রং-এর কাচখণ্ড রাখা হয়। যখন কোন ব্যক্তি কার্ডবোর্ডের ছিদ্র দিয়া তাকায় তখন সে দর্পণগুলি কর্তৃক বিভিন্ন রংয়ের কাচের টুকরার প্রতিবিম্ব দেখিতে পায়। প্রত্যেক জোড়া দর্পণ 60° কোণে অবস্থিত বলিয়া পাঁচটি প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিবে এবং সব প্রতিবিম্ব মিলিয়া একটি সুন্দর নক্‌শা (pattern) তৈয়ারী হইবে। নলটি আস্তে আস্তে ঘুরাইলে কাচগুলির অবস্থানেরও আস্তে আস্তে পরিবর্তন হইবে এবং তাহার ফলে নতুন নতুন নক্‌শাও দেখা যাইবে।

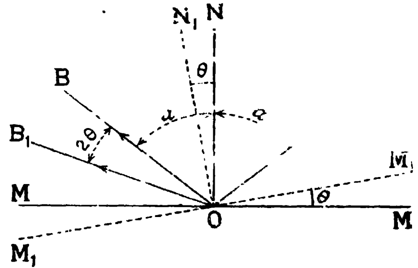
2-14. ঘূর্ণমান দর্পণ (Rotating mirror):

আপতিত রশ্মির কোন দিক্‌ পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে θ কোণে ঘুরাইলে প্রতিফলিত রশ্মি 2θ কোণ ঘুরিবে। ইহাই হইল ঘূর্ণমান দর্পণের নীতি।

ধরা যাউক, MM হইল দর্পণের প্রথম অবস্থান (2ভ নং চিত্র)। AO আপতিত রশ্মি ও OB প্রতিফলিত রশ্মি। ON হইল আপতন বিন্দু O হইতে MM রেখার উপর অভিলম্ব।

এখানে $\angle AON = \angle BON$ (প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী)। ধরা যাউক, উভয়েই α. সুতরাং $\angle AOB = 2\alpha$.

এবার দর্পণ θ কোণ ঘুরিয়া M_1M_1 রেখায় অবস্থান করিল। সুতরাং অভিলম্বও θ কোণ ঘুরিবে। ধর, অভিলম্ব ON_1 রেখায় অবস্থান করিল। এই অবস্থাতে ধরা যাউক, OB_1 প্রতিফলিত রশ্মি। সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মি যে-কোণ ঘুরিল তাহা হইল $\angle BOB_1$. প্রতিফলনের সূত্রানুযায়ী,



চিত্র 2ভ

$$\angle AON_1 = \angle B_1ON_1$$

$$\text{কিন্তু } \angle AON_1 = \alpha + \theta$$

$$\text{সুতরাং } \angle AOB_1 = 2(\alpha + \theta)$$

$$\therefore \angle BOB_1 = \angle AOB_1 - \angle AOB = 2(\alpha + \theta) - 2\alpha = 2\theta$$

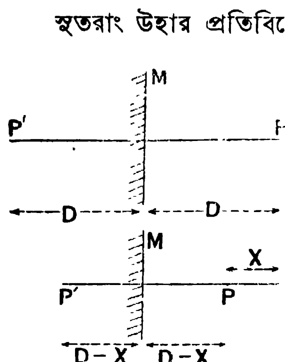
সুতরাং প্রতিফলিত রশ্মি যে-কোণ ঘুরিল ($\angle BOB_1$) তাহা 2θ.

2-15. সমতল দর্পণ-সংক্রান্ত কয়েকটি সম্পাদ্য :

(1) যদি কোন বস্তু দর্পণের দিকে অথবা দর্পণ হইতে দূরে সরিয়া যায় তবে উহার প্রতিবিম্বও অনুরূপভাবে সমান দূরে সরিবে।

ধরা যাউক, P বিন্দু দর্পণ M হইতে D দূরে অবস্থিত (2ম নং চিত্র)। উহার প্রতিবিম্ব P′ বিন্দুও দর্পণ হইতে D দূরে থাকিবে। এখন P বিন্দু যদি দর্পণের দিকে X সরিয়া আসে তবে উহার বর্তমান দূরত্ব হইবে (D -- X).

সুতরাং উহার প্রতিবিম্বের দূরত্বও হইবে (D – X)। পূর্বে প্রতিবিম্বের দূরত্ব ছিল D. অতএব প্রতিবিম্ব দর্পণের দিকে D – (D – X) অর্থাৎ X সরিয়া গেল।



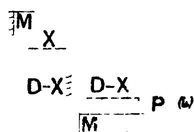
চিত্র 2ম

(2) যদি দর্পণ কোন বস্তুর দিকে অথবা বস্তু হইতে দূরে সরিয়া যায় তবে বস্তুর প্রতিবিম্ব অনুরূপভাবে উহার দ্বিগুণ সরিবে।

ধরা যাউক, P বিন্দু M দর্পণ হইতে D দূরে অবস্থিত। উহার প্রতিবিম্ব P' বিন্দুও দর্পণের পশ্চাতে D দূরে থাকিবে [2য (*i*) নং চিত্র]

এখন যদি দর্পণ P বিন্দুর দিকে X সরিয়া যায় তবে P বিন্দুর বর্তমান দূরত্ব = D – X [2য (*ii*) নং চিত্র]।

সুতরাং প্রতিবিম্ব P' দর্পণের পশ্চাতে (D – X) দূরে থাকিবে।



চিত্র 2য

বস্তু ও প্রতিবিম্বের ভিতর দূরত্ব = 2D.

এখন বস্তু ও প্রতিবিম্বের ভিতর দূরত্ব = 2(D – X)। যেহেতু বস্তু স্থির কাজেই প্রতিবিম্বের সরণ

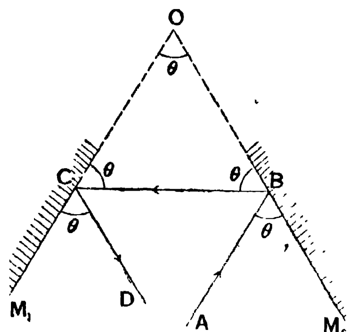
$$= 2D - 2(D - X) = 2X.$$

কাজেই, দর্পণ বস্তুর দিকে X সরিলে বস্তুর প্রতিবিম্ব 2X সরিবে।

(3) দুইটি সমতল দর্পণ পরস্পরের ভিতর একটি নির্দিষ্ট কোণে অবস্থান করে। একটি রশ্মি প্রথম দর্পণের সমান্তরাল-ভাবে গিয়া দ্বিতীয় দর্পণে পড়িল এবং প্রতিফলিত হইয়া প্রথম দর্পণে আপতিত হইল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া দ্বিতীয় দর্পণের সমান্তরাল ভাবে বাহির হইল। দর্পণ দুইটির ভিতরের কোণ নির্ণয় কর।

ধরা যাউক, M_1 ও M_2 দর্পণ দুইটি পরস্পরের ভিতর M_1OM_2 কোণ করিয়া আছে। AB একটি রশ্মি M_1-দর্পণের সমান্তরালভাবে গিয়া M_2

দর্পণে B বিন্দুতে আপতিত হইল। ঐ রশ্মি BC পথে প্রতিফলিত হইয়া M_1 দর্পণে পড়িল এবং পুনরায় প্রতিফলিত হইয়া M_2 দর্পণের সমান্তরালভাবে CD পথে নির্গত হইল (2র নং চিত্র)।



চিত্র 2র

যেহেতু AB এবং M_1O সমান্তরাল এবং OM_2 উহাদের ছেদ করে, সেইহেতু $\angle ABM_2 = \angle M_1OM_2 = \theta$ (ধর)।

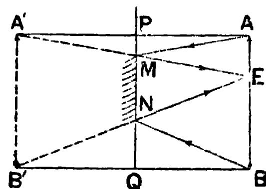
আবার, CD এবং M_2O সমান্তরাল এবং M_1O উহাদের ছেদ করে বলিয়া $\angle M_1CD = \angle M_1OM_2 = \theta$.

আবার, AB আপতিত রশ্মি ও BC প্রতিফলিত রশ্মি হওয়াতে $\angle ABM_2 = \angle CBO = \theta$, একই কারণে $\angle M_1CD = \angle BCO = \theta$.

অর্থাৎ, $\triangle OBC$-তে তিনটি কোণ পরস্পরের সমান। কাজেই $\angle M_1OM_2 = 60°$.

(4) প্রমাণ কর যে নিজ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণে কোন ব্যক্তি তাহার পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে।

ধর, AB মানুষের দৈর্ঘ্য এবং E তাহার চক্ষু (2ল নং চিত্র)। PQ মানুষের সম্মুখে অবস্থিত দর্পণ। A হইতে PQ রেখার উপর লম্ব টানিয়া উহাকে A′ পর্যন্ত বর্ধিত কর যাহাতে $AP = A'P$ হয়। সুতরাং A′ হইবে A বিন্দুর প্রতিবিম্ব। A′ ও E যোগ কর এবং মনে কর উহা দর্পণকে M বিন্দুতে ছেদ করিল। রশ্মি A হইতে নির্গত হইয়া দর্পণ দ্বারা প্রতি-ফলিত হইয়া চোখে গেলে মনে হইবে A বিন্দু



চিত্র 2ল

A′ বিন্দুতে অবস্থান করিতেছে। অর্থাৎ দর্পণ M বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হইলেই A′ প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে। তেমনি সর্বনিম্ন বিন্দু B কে দেখিতে হইলে দর্পণ

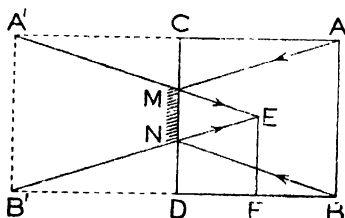
N বিন্দু পর্যন্ত বিস্তৃত হওয়া দরকার। সুতরাং নিজ দেহের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে MN দৈর্ঘ্যের দর্পণ প্রয়োজন।

AA′E ত্রিভুজে P বিন্দু AA′ রেখার মধ্যবিন্দু হওয়াতে এবং PM রেখা AE রেখার সমান্তরাল বলিয়া M বিন্দু A′E রেখার মধ্যবিন্দু।

অনুরূপ কারণে N বিন্দু B′E রেখার মধ্য-বিন্দু প্রমাণ করা যায়। সুতরাং EA′B′ ত্রিভুজের দুই বাহুর মধ্যবিন্দু M ও N হওয়াতে MN রেখা A′B′ রেখার অর্ধেক। অর্থাৎ, দর্পণের কার্যকর অংশ (MN) মানুষের দৈর্ঘ্যের অর্ধেক হওয়া প্রয়োজন।

Q. (5) একটি ঘরের দেওয়ালে একখানি দর্পণ টাঙ্গানো আছে এবং ঘরের মধ্যস্থলে একজন লোক দাঁড়াইয়া আছে। দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইলে লোকটি তাহার পিছনের দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

ধর, AB এবং CD হইল দুই দেওয়াল এবং ঘরের মাঝখানে দণ্ডায়মান EF হইল লোকটি। E লোকটির চক্ষু (চিত্র 2শ)। AC দৈর্ঘ্যের সমান করিয়া CA′ টান এবং BD দৈর্ঘ্যের সমান করিয়া DB′ টান। স্পষ্টতঃ A′B′ হইবে AB দেওয়ালের প্রতিবিম্ব। দর্শককে এই প্রতিবিম্ব দেখিতে হইলে দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইবে তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।



চিত্র 2শ

A′ এবং B′ এর সহিত E যুক্ত কর এবং মনে কর উহারা CD দেওয়ালকে M এবং N বিন্দুতে ছেদ করিল। MN হইবে দর্পণের প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্য ; কারণ A বিন্দু হইতে আলোক-রশ্মি M বিন্দু কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইলে চোখ A′ প্রতিবিম্ব দেখিবে। আবার, B বিন্দু হইতে অনুরূপভাবে আলোকরশ্মি N বিন্দু কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইলে চোখ B′ প্রতিবিম্ব দেখিবে। সুতরাং দর্পণের দৈর্ঘ্য কমপক্ষে MN হইলে চোখ পূর্ণ প্রতিবিম্ব A′B′ দেখিতে পাইবে।

এখন, $FD = FB$ এবং $B'D = DB$.

$\therefore \quad DF = \frac{1}{3} B'F$

যেহেতু, DN এবং FE সমান্তরাল এবং $DF=\frac{1}{3}B'F$

কাজেই, $NE=\frac{1}{3}B'E$

একই কারণে, $ME=\frac{1}{3}A'E$

এখন, A'EB' এবং MNE ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ।

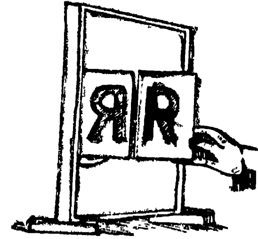
অতএব $\frac{MN}{A'B'}=\frac{ME}{A'E}=\frac{NE}{B'E}=\frac{1}{3}$

$\therefore \quad MN=\frac{1}{3}A'B'=\frac{1}{3}AB.$

অর্থাৎ দর্পণের ন্যূনতম দৈর্ঘ্য $=\frac{1}{3}\times$ দেওয়ালের উচ্চতা।

2-16. পার্শ্বীয় পরিবর্তন (Lateral inversion):

আয়নার সামনে দাঁড়াইলে আমাদের বাম হাত ডান হাত বলিয়া এবং ডান হাত বাম হাত বলিয়া মনে হয়। একটি কাগজে 'R' কথাটি লিখিয়া আয়নার সামনে ধর (2ঘ নং চিত্র)। দেখিবে প্রতিবিম্ব উল্টাইয়া গিয়াছে। প্রতিবিম্বের এই পরিবর্তনকে পার্শ্বীয় পরিবর্তন বলা হয়। প্রতিসম (symmetrical) বস্তুর প্রতিবিম্বে এইভাবের কোন পরিবর্তন দেখা যায় না।



প্রতিবিম্বের পার্শ্বীয় পরিবর্তন

চিত্র 2ঘ

পার্শ্বীয় পরিবর্তনের কারণ এই যে, আয়না হইতে বস্তুর দূরত্ব উহার প্রতিবিম্বের দূরত্বের সমান। প্রতিবিম্বের পার্শ্ব পরিবর্তন হইলেও প্রতিবিম্বের আকার একই থাকে।

কাগজে কিছু লিখিয়া ব্লটিং কাগজে চাপিলে ব্লটিং কাগজে উল্টা ছাপ পড়ে। এইবার ব্লটিং কাগজকে আয়নার সম্মুখে ধরিলে উল্টা লেখা পার্শ্বীয় পরিবর্তনের ফলে সোজা দেখা যাইবে।

সারাংশ

আলোক কোন সমসত্ত্ব মাধ্যমের ভিতর দিয়া সরলরেখা অবলম্বন করিয়া চলে। কিন্তু অন্য কোন মাধ্যমে আপতিত হইলে আলোর কিছু অংশ প্রতিফলিত হয়। আলোর প্রতিফলন দুই প্রকার: (1) নিয়মিত প্রতিফলন ও (2) বিক্ষিপ্ত প্রতিফলন।

নিয়মিত প্রতিফলনের সূত্র:

(1) আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও আপতন বিন্দু দিয়া প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব এক সমতলে অবস্থান করে।

(2) আপতন কোণ সর্বদা প্রতিফলন কোণের সমান হইবে।

প্রতিবিম্ব: যখন কোন বিন্দুপ্রভব হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ প্রতিফলিত বা প্রতিসৃত হইয়া অন্য কোন বিন্দুতে মিলিত হয় বা অন্য কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দুপ্রভবের প্রতিবিম্ব বলা হয়।

প্রতিবিম্ব দুই প্রকার: (1) সদ্‌বিম্ব ও (2) অসদ্‌বিম্ব।

সমতল দর্পণ যে-প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে তাহার নিম্নলিখিত ধর্ম বর্তমান:

(1) দর্পণ হইতে বস্তুর দূরত্ব = দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব।

(2) প্রতিবিম্ব ও বস্তু সরলরেখা দ্বারা যোগ করিলে তাহা দর্পণকে লম্বভাবে ছেদ করে।

(3) প্রতিবিম্ব অসদ্‌।

ঘূর্ণমান দর্পণের নীতি:

আপতিত রশ্মির কোন পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে θ কোণ ঘুরাইলে প্রতিফলিত রশ্মি 2θ কোণ ঘুরিবে।

প্রশ্নাবলী

1. আলোর প্রতিফলন কাহাকে বলে? প্রতিফলনের নিয়ম কি? ঐ নিয়মগুলির সত্যতা প্রমাণ করিবে কিরূপে?

[What is reflection of light? What are the laws of reflection? How would you verify the laws?] [*cf. H. S. Exam. 1962, P. U. 1962*]

2. প্রতিফলন সূত্রসমূহের সত্যতা পরীক্ষামূলকভাবে কিরূপে প্রমাণ করিবে? সমতল দর্পণে প্রতিবিম্ব দূরত্ব ও বস্তু দূরত্ব সমান হয় ইহা প্রমাণ করিবার জন্য একটি উপযুক্ত পরীক্ষা বর্ণনা কর।

সমতল দর্পণে একটি আলোক রশ্মি 60° কোণে আপতিত হইলে প্রতিফলনের পর রশ্মির চ্যুতি কত হইবে? নক্সার সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

[How would you experimentally verify the laws of reflection? Describe an experiment to show that the image of a luminous point, formed by a plane mirror is as far behind the mirror as the luminous point is in front.

What deviation is produced by reflection at plane surface when the angle of incidence is 60°? Explain by a diagram.] [*H. S. Exam. 1961*]

3. আয়নায় আলো পড়িলে চক্‌চকে দেখায় কিন্তু দেওয়ালে আলো পড়িলে চক্‌চকে দেখায় না। কেন?

[A mirror appears shining when light falls on it but a wall does not. Why?]

4. ঘষা কাচ জলে ভিজাইলে প্রায় স্বচ্ছ দেখায় কেন?

[Explain why a sheet of ground glass becomes almost transparent when wet.]

5. প্রতিবিম্ব বলিতে কি বোঝ? কয়প্রকার প্রতিবিম্ব আছে? উহাদের ভিতর পার্থক্য কি?

[What do you mean by an image? How many kinds of images are there? What is the difference between them?]

6. আলোক রশ্মির প্রতিফলনের নিয়ম বল। কোন বিন্দুপ্রভব হইতে নির্গত আলোক-রশ্মি সমতল দর্পণ কর্তৃক প্রতিফলিত হইয়া একটি বিন্দু হইতে অপসৃত হয় তাহা দেখাও। ঐ বিন্দুকে কি বলে ? উহার অবস্থান কোথায় ? উহার প্রকৃতি কিরূপ ?

[State the laws of reflection of light. Show that the rays from a luminous point falling upon a plane mirror proceed, after reflection, as though they diverge from a single point. What is that point called ? What is its position ? and nature ? [*H. S. Exam. 1960*]

7. ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও কিরূপে সমতল দর্পণ প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। প্রমাণ কর যে দর্পণ হইতে প্রতিবিম্বের দূরত্ব বস্তুর দূরত্বের সমান।

[Explain, by a diagram, how a plane mirror produces an image. Prove that the distance of the image from the plane mirror is equal to that of the object.]

8. দুইটি দর্পণ সমান্তরাল থাকিলে এবং সমকোণে থাকিলে উহারা কিরূপ প্রতিবিম্বের সৃষ্টি করে তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাও।

[Explain, by diagrams, how two plane mirrors inclined at right angles and parallel to each other, produce images of an object.] [*cf. H. S.* (*comp*) *1961*]

9. M_1 এবং M_2 দুইটি সমান্তরাল দর্পণের মধ্যে P একটি বিন্দু প্রভব। M_1 দর্পণ হইতে উহার দূরত্ব 4 cm এবং M_2 দর্পণের ভিতর দিয়া দৃষ্ট দ্বিতীয় প্রতিবিম্ব M_1 দর্পণ হইতে 22 cm দূরে অবস্থিত। দর্পণ দুইটির ভিতরকার দূরত্ব নির্ণয় কর।

[An object P is placed between two parallel mirror M_1 and M_2. The distance of P from M_1 is 4 cm. and the distance of the second image seen through M_2 is 22 cm. from M_1. Find the distance between M_1 and M_2.] [Ans. 9 cm.]

10. প্রমাণ কর যে সমতল দর্পণ যে-কোণে আবর্তিত হয়, প্রতিফলিত রশ্মি উহার দ্বিগুণ কোণে আবর্তিত হয়।

[When a plane mirror is rotated through an angle show that a ray reflected therefrom is turned through an angle twice as much.]
[*H. S. Exam. 1960* ; (*comp*) *1962* ; *P. U. 1962*]

11. দুইটি দর্পণ সমকোণে আনত আছে। একটি রশ্মি পর পর দর্পণ দুইটি দ্বারা প্রতিফলিত হইল। প্রমাণ কর যে মূল রশ্মি ও শেষ প্রতিফলিত রশ্মি পরস্পর সমান্তরাল।

[A ray of light is reflected successively from two plane mirrors inclined at right angles to each other. Prove that the ray after second reflection is parallel to its original direction.]

12. নিজ দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দৈর্ঘ্যসম্পন্ন দর্পণে কোন ব্যক্তি তাহার পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পায়, ইহা ছবি আঁকিয়া প্রমাণ কর।

[Prove by means of a diagram, that a person can see his full image through a plane mirror whose height is half the height of the person.]
[*cf. H. S.* (*comp*) *1960, '61., H. S. Exam. 1962*]

13. একটি ঘরের মাঝখানে এক ব্যক্তি দণ্ডায়মান। ঐ ব্যক্তির সম্মুখের দেওয়ালে একটি আয়না টাঙানো আছে। আয়নাটির দৈর্ঘ্য কমপক্ষে কত হইলে ঐ ব্যক্তি আয়নার ভিতর দিয়া পিছনের দেওয়ালের পূর্ণ প্রতিবিম্ব দেখিতে পাইবে ?

[A man is standing at the middle of a room and a plane mirror is hanging on the wall in front. What is the minimum size of the mirror through which the person will see full image of the wall behind him ?
[Ans. ⅓rd the height of the wall]

14. MN একখানি সমতল দর্পণ। AB এবং BC দর্পণের উপর আপতিত ও উহার প্রতিফলিত রশ্মি। D দর্পণের উপর যে-কোন বিন্দু। প্রমাণ কর যে, AB+BC<AD+DC.

[MN is a plane mirror. AB and BC are the incident and reflected rays. D is any point on the mirror. Prove that AB+BC < AD+DC.]

15. (i) কোন ব্যক্তি দর্পণের অভিমুখে 5 ft/sec গতিবেগে দৌড়াইলে সে ও তাহার প্রতিবিম্বের ভিতরকার দূরত্ব কত বেগে কমিবে ?

[A man is running towards a plane mirror with a velocity of 5 ft/sec. At what rate will he approach his image ?] [*H. S.* (*comp*) *1960*] [Ans. 10 ft/sec]

(ii) কোন দর্পণ যদি কোন বস্তুর দিকে 2 ft/sec বেগে অগ্রসর হয় তবে প্রমাণ কর যে, বস্তুর প্রতিবিম্ব বস্তুর দিকে 4 ft/sec বেগে অগ্রসর হইবে।

[A plane mirror is moving towards an object at a rate of 2 ft/sec. Prove that the image is approaching the object at a rate of 4 ft/sec.]

16. সমতল দর্পণে প্রতিফলনের পর যে প্রতিবিম্ব হয় তাহার 'পার্শ্বীয় পরিবর্তন' ঘটে—ইহার ব্যাখ্যা কর।

[The image formed by a single reflection at a plane mirror is said to be 'laterally inverted'. Explain this.] [*H. S.* (*comp*) *1960*]

17. পরিষ্কার ছবি আঁকিয়া একটি পেরিস্কোপের কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও। ইহা কি কাজে ব্যবহৃত হয় ?

[Explain, with a diagram, the action of a periscope. For what purpose is it used ?] [*H. S. Exam.*, *1962*]

18. দর্পণের সম্মুখে অবস্থিত কোন বস্তু যদি স্থানপরিবর্তন করে তবে উহার প্রতিবিম্বও অনুরূপভাবে সমান দূরত্ব সরিয়া যাইবে। প্রমাণ কর।

'ক্যালিডোস্কোপ' সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত নোট লেখ।

[Prove that when an object placed in front of a plane mirror moves through any distance, the image correspondingly moves through the same distance.

Write a brief note on 'Kaleidoscope'.] [*H. S.* (*comp*) *1962*]

19. সমতল দর্পণ কর্তৃক একটি বিস্তৃত বস্তুর প্রতিবিম্ব তুমি লক্ষ্য করিতেছ। প্রতিবিম্ব দেখিবার জন্য কি দর্পণের পুরাপুরি দৈর্ঘ্য প্রয়োজন ? চিত্র সহযোগে তোমার উত্তরের ব্যাখ্যা কর।

সমতল দর্পণ যে প্রতিবিম্ব গঠন করে তাহা অসদ ও পার্শ্বীয় পরিবর্তনযুক্ত। উহা বলিতে কি বোঝ ?

সিনেমার পর্দা সাদা এবং অমসৃণ করা হয় কেন ?

[You are looking at the image of an extended object formed by a plane mirror. Is the whole of the mirror necessary to form the image ? Explain you answer with the help of a diagram

An image formed by a plane mirror is said to be *virtual* and *laterally inverted*. Explain what you understand by the terms in italics.

Why is the projection screen in a cinema house made of rough and white material ? [*H. S, Exam. 1963*]

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

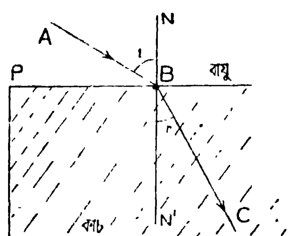
সমতলে আলোকের প্রতিসরণ

[Refraction of light at a plane surface]

3-1. আলোকের প্রতিসরণ ঃ

একটি জলপূর্ণ পাত্রের তলদেশে দৃষ্টিপাত করিলে মনে হয় জল তত গভীর নয়। তেমনি একটি লাঠি জলে খানিকটা ডুবাইলে মনে হয় যেন লাঠি যেখানে জল স্পর্শ করিয়াছে সেখানে হইতে লাঠিটা বাঁকা। ইহা হইতে বোঝা যায় যে আলোকরশ্মি জলে যে-সরলরেখায় চলে জল হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিলে অন্য সরলরেখায় চলে। অর্থাৎ, **এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে প্রবেশ করিলে আলো গতির অভিমুখ পরিবর্তন করে।** আলোক-রশ্মির গতির অভিমুখের এই পরিবর্তনকে **প্রতিসরণ** (refraction) বলে।

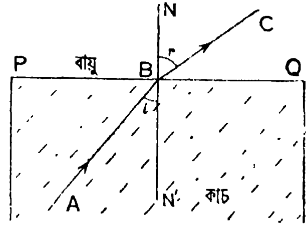
ধরা যাউক, একটি আলোকরশ্মি বায়ুমাধ্যমে AB সরলরেখায় আসিয়া একটি কাচের ব্লকের উপর তির্যকভাবে আপতিত হইল (3ক নং চিত্র)। আলোক-রশ্মি এইবার কাচের ভিতর প্রবেশ করিবে। কিন্তু কাচের ভিতর রশ্মি যে-সরলরেখায় যাইবে তাহা AB হইতে ভিন্ন—কারণ B বিন্দুতে আলোকের প্রতিসরণ হইবে। ধরা যাউক, কাচের ভিতর আলোকরশ্মি BC সরলরেখায় গমন করিল। এস্থলে AB আপতিত রশ্মি, BC প্রতিসৃত রশ্মি, B আপতন-বিন্দু (point of incidence) এবং PQ দুই মাধ্যমের বিভাগ-তলের ছেদ রেখা (line of section)। যদি B বিন্দু দিয়া PQ রেখার উপর লম্ব টানা যায় (NBN′) তবে উহাকে আপতন বিন্দুতে বিভাগ-তলের উপর অভিলম্ব বলা হয়। আপতিত রশ্মি AB অভিলম্ব BN-এর সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ ∠ABN) তাহাকে আপতন কোণ বলে এবং প্রতিসৃত রশ্মি BC উক্ত অভিলম্বের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে (অর্থাৎ, ∠CBN′) তাহাকে প্রতিসরণ কোণ বলে।



লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে আলোর প্রতিসরণ

চিত্র 3ক

দেখা গিয়াছে যে আলোকরশ্মি যখন লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় (যেমন, বায়ু হইতে কাচে) তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্বের দিকে বাঁকিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা ছোট হয় (3ক নং চিত্র)।

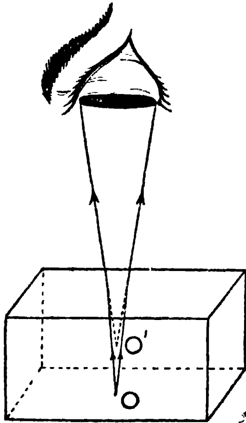


ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে আলোর প্রতিসরণ
চিত্র 3খ

কিন্তু যদি আলোকরশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় (যেমন, কাচ হইতে বায়ুতে) তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বড় হয় (3খ নং চিত্র)।

3-2. আলোকের প্রতিসরণের কয়েকটি দৃষ্টান্তঃ

(1) একটি কাগজের উপর কালির ফোঁটা ফেলিয়া উহার উপর একটি কাচের ব্লক রাখ। এইবার কাচের ভিতর দিয়া সোজাসুজি ফোঁটাটি লক্ষ্য করিলে মনে হইবে যে উহা খানিকটা উপরে উঠিয়া আছে। আলোকের প্রতিসরণের জন্যই এইরূপ প্রতীতি হয়।



প্রতিসরণের দরুন O বিন্দুকে O' বিন্দুতে দেখাইবে
চিত্র 3গ

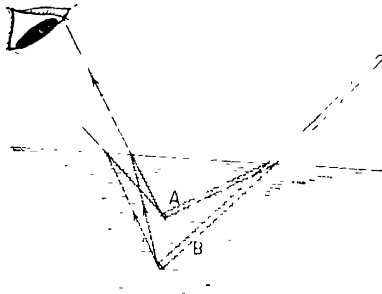
মনে কর, O বিন্দু হইল ফোঁটাটি (3গ নং চিত্র)। এখন O বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছকে চোখে পৌছাইতে কাচ হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিতে হইবে। সুতরাং দুই মাধ্যমের বিভাগ-তলে রশ্মির প্রতিসরণ হইবে। যেহেতু রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাইতেছে, সেই হেতু প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দুরে সরিয়া যাইবে এবং মনে হইবে O' বিন্দু হইতে আসিতেছে।

এই কারণে জলভর্তি পাত্রের তলদেশে সোজাসুজি তাকাইলে মনে হয় পাত্রের জল তত গভীর নয়।

(2) জলে নিমজ্জিত দণ্ডের বক্রতা :

একটি দণ্ড জলে তির্যকভাবে আংশিক ডুবাইয়া রাখিলে মনে হয় যেন দণ্ডটি যেখানে জল স্পর্শ করিয়াছে সেখান হইতে বাঁকানো (3ঘ নং চিত্র)। আলোকের প্রতিসরণের জন্য এইরূপ হয়।

দণ্ডের যে-অংশ জলের উপরে আছে তাহা হইতে আলোকরশ্মি সোজাসুজি চোখে আসিবে। সুতরাং ঐ অংশকে চোখ যথাস্থানে দেখিবে। কিন্তু জলের ভিতরের অংশ হইতে আলোকরশ্মি যখন চোখে আসিবে তখন জল ও বায়ুর বিভাগ-তলে প্রতিসৃত হইয়া চোখে পৌঁছাইবে। এস্থলে রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রবেশ করায় প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে সরিয়া যাইবে এবং মনে হইবে যেন B বিন্দু A বিন্দুতে রহিয়াছে। তেমনি নিমজ্জিত অংশের অন্যান্য বিন্দুগুলিও ঐভাবে মনে হইবে খানিকটা উঠিয়া আছে। সুতরাং নিমজ্জিত অংশ ও বাহিরের অংশ একই সরলরেখায় দেখা না যাওয়ায় মনে হয় লাঠিটা বাঁকিয়া আছে।



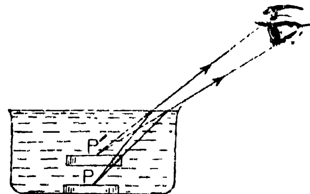
প্রতিসরণের ফলে অর্ধনিমজ্জিত দণ্ডটি বাকা দেখায়
চিত্র 3ঘ

(3) জলে নিমজ্জিত মুদ্রার প্রতিবিম্ব :

একটি কাঁসার বড় বাটিতে একটি চক্‌চকে মুদ্রা রাখ এবং চোখকে আস্তে আস্তে সরাইয়া এমন স্থানে আন যাহাতে মুদ্রাটি সদ্য দৃষ্টির অগোচর হয়। এই অবস্থায় মুদ্রা হইতে আলোকরশ্মি বাটির কিনারা দ্বারা বাধাপ্রাপ্ত হওয়ায় চোখে পৌঁছায় না।

চোখকে ঐ অবস্থায় রাখিয়া এইবার বাটি জলপূর্ণ কর। দেখিবে যে মুদ্রাটি দেখা যাইতেছে। এইরূপ হইবার কারণ আলোর প্রতিসরণ (3ঙ নং চিত্র)।

বাটিতে জল থাকায় মুদ্রা হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া জল হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিবে। জল বায়ু অপেক্ষা

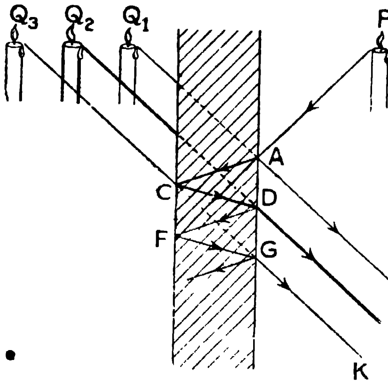


প্রতিসরণের দরুন মুদ্রাটি দৃষ্টির গোচরে আসিয়াছে
চিত্র 3ঙ

ঘন বলিয়া প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে এবং এই প্রতিসৃত রশ্মি যখন চোখে পৌছাইবে তখন মনে হইবে যেন P বিন্দুটি P′ বিন্দুতে অবস্থিত আছে। অর্থাৎ, মনে হইবে মুদ্রাটি খানিকটা উপরে উঠিয়া আসিয়াছে। সুতরাং ইহা দৃষ্টির গোচরে আসিবে।

(4) মোটা আয়না কর্তৃক বস্তুর বহু প্রতিবিম্ব সৃষ্টি ঃ

একটি মোটা কাঁচের আয়নার সামনে কোন বস্তু—ধর, একটা মোমবাতি রাখিয়া একটু তির্যকভাবে প্রতিবিম্ব দেখিলে দেখা যাইবে যে অনেকগুলি প্রতিবিম্ব সৃষ্টি হইয়াছে। আলোকের প্রতিসরণের জন্য এইরূপ হইয়া থাকে।



মোটা আয়না কর্তৃক বস্তুব বহু প্রতিবিম্ব গঠন
চিত্র 3চ

ধরা যাউক, মোমবাতির P বিন্দু হইতে PA আলোকরশ্মি আয়নার উপর A বিন্দুতে আপতিত হইল (3চ নং চিত্র)। আলোকরশ্মির খুব সামান্য অংশ A বিন্দুতে প্রতিফলিত হইবে এবং উহার জন্য একটি অস্পষ্ট প্রতিবিম্ব Q_1 তৈয়ারী হইবে। আলোকরশ্মির বেশী অংশ কাচের ভিতর প্রতিসৃত হইয়া আয়নার পিছনে পারদ প্রলেপে আপতিত হইবে এবং সেখান হইতে সম্পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া CD সরলরেখায় আসিয়া D বিন্দুতে আয়নার সম্মুখের তলে আপতিত হইবে। এই আলোকরশ্মির আবার বেশী অংশ D বিন্দুতে প্রতিসৃত হইয়া বায়ুতে প্রবেশ করিবে এবং তাহার ফলে Q_2 প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। এই প্রতিবিম্ব খুব স্পষ্ট হইবে এবং সাধারণত আমরা ইহাকেই আয়নার ভিতর প্রতিফলিত দেখি। D বিন্দুতে রশ্মির কিছু অংশ পুনরায় প্রতিফলিত হইবে এবং একই পদ্ধতি অনুসারে বার বার প্রতিফলিত ও প্রতিসৃত হইয়া Q_3 ও অন্যান্য প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিবে। কিন্তু ক্রমশ আলোর তীব্রতা কমিয়া আসায় প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হইয়া যায়। এইভাবে মোটা আয়নায় অনেকগুলি প্রতিবিম্ব দেখা যায়।

(5) **বায়ুমণ্ডলে প্রতিসরণ ঃ**

সমুদ্রস্তর হইতে যত উপরে ওঠা যায় বায়ুমণ্ডলের বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব তত কমিয়া যায়। সুতরাং সূর্য বা চন্দ্র হইতে নির্গত আলোকরশ্মি যখন আমাদের চোখে পৌছায় তখন বিভিন্ন স্তরের ভিতর দিয়া আসিবার ফলে রশ্মির প্রতিসরণ হয় এবং বস্তুটিকে আমরা উহার প্রকৃত অবস্থান হইতে খানিকটা উপরে দেখি। এই কারণে সূর্য বা চন্দ্র উঠিবার একটু পূর্বে এবং অস্ত যাইবার একটু পরেও সূর্য বা চন্দ্র আমাদের দৃষ্টির গোচরে থাকে।

3-3. প্রতিসরণের সূত্র (Laws of refraction) :

এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে যাইবার সময়ে আলোকরশ্মির যে-প্রতিসরণ হয় তাহা নিম্নলিখিত সূত্রানুযায়ী হইয়া থাকে।

(1) আপতিত রশ্মি, আপতন বিন্দুতে দুই মাধ্যমের বিভেদ-তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিসৃত রশ্মি সর্বদা এক সমতলে থাকে।

(2) আপতন কোণের সাইন (Sine) ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক হয় এবং এই ধ্রুবকের মান দুই মাধ্যম ও আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে।

অর্থাৎ, যদি আপতন কোণকে i বলা হয় এবং প্রতিসরণ কোণকে r বলা হয়, তবে উপরোক্ত সূত্রানুসারে $\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \mu$ (উচ্চারণ 'মিউ') = ধ্রুবক।

এই ধ্রুবক 'μ'কে বলা হয় প্রথম মাধ্যমের (অর্থাৎ, যে-মাধ্যম হইতে রশ্মি আগমন করে) সাপেক্ষ দ্বিতীয় মাধ্যমের (অর্থাৎ যে-মাধ্যমে রশ্মি প্রতিসৃত হয়) **প্রতিসরাঙ্ক** (refractive index)।

উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে যে যখন আলোকরশ্মি বায়ু মাধ্যম হইতে আসিয়া কাচ মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন উক্ত কোণ দুইটির সাইনের অনুপাত 1·51 অর্থাৎ বায়ু সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·51.

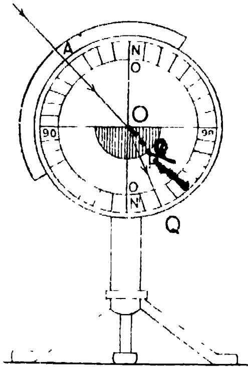
প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্রকে **স্নেল-সূত্র** (Snell's law)-ও বলা হয়, কারণ এই [illegible]ট বিজ্ঞানী ডাঃ স্নেল আবিষ্কার করেন।

3-4. পরীক্ষামূলকভাবে প্রতিসরণ সূত্রসমূহের সত্যতা নিরূপণ (Experimental verification of the laws of refraction) :

প্রতিসরণের সূত্র দুইটির সত্যতা দুই উপায়ে নিরূপণ করা যাইতে পারে। (1) হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা ও (2) পিন দ্বারা।

(1) হার্টল-এর আলোকচক্র দ্বারা ঃ

এই আলোকচক্রের বিবরণ দ্বিতীয় পরিচ্ছেদে দেওয়া হইয়াছে (2-5 অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)। 3ছ নং চিত্রে প্রয়োজনীয় ব্যবস্থা দেখানো হইল।



হাট লেব আলোকচক্র দ্বারা প্রতিসরণের সূত্র পরীক্ষা
চিত্র 3ছ

এই চক্রের কেন্দ্রস্থলে O একটি অর্ধ-বৃত্তাকার কাচ ফলক (glass slab)। ইহা এমনভাবে আট্‌কানো আছে যে ফলকের অনুভূমিক তল 90—90 রেখার সহিত মিশানো এবং 0—0 রেখার ফলকের কেন্দ্রের ভিতর দিয়া গিয়াছে। সুতরাং 0—0 রেখা কাচ ফলকের অনুভূমিক তলের উপর অভিলম্ব। এখন যদি একটি আলোকরশ্মি AO পথে চক্রের তল বরাবর আসিয়া কাচের উপর O বিন্দুতে আপতিত হয় তবে ঐ রশ্মি কাচের মধ্য দিয়া প্রতিসৃত হইবে। ধর, প্রতিসৃত রশ্মি OP পথে গেল এবং পুনরায় যখন কাচ হইতে বহির্গত হইবে তখন আর প্রতিসৃত না হইয়া PQ পথে সোজা চলিয়া যাইবে। সুতরাং AO আপতিত রশ্মি, OPQ তাহার প্রতিসৃত রশ্মি। P বিন্দুতে আলোকের আর প্রতিসরণ না হইবার কারণ এই যে OP রেখা অর্ধবৃত্তের ব্যাসার্ধ হওয়ায় OP বরাবর আগত রশ্মি P বিন্দুতে অভিলম্বভাবে আপতিত হয়। সুতরাং P বিন্দুতে রশ্মির আর কোন প্রতিসরণ হয় না। এইবার চক্রের স্কেল হইতে সহজে AON কোণ ও QON' কোণ নির্ণয় করা যাইবে।

এখন চাকৃতিকে ঘুরাইলে AO রশ্মির স্থান পরিবর্তন হইবে এবং সঙ্গে সঙ্গে প্রতিসৃত রশ্মিরও স্থান পরিবর্তন হইবে। প্রত্যেকবার চাকতির স্কেল হইতে আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণ নির্ণয় কর। দেখা যাইবে যে প্রত্যেকবার $\frac{\sin AON}{\sin QON'}$-এর মান সমান হইবে। সুতরাং ইহা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণ করে। তাছাড়া, আপতিত রশ্মি AO, প্রতিসৃত রশ্মি OQ ও অভিলম্ব ON চক্রতলে অবস্থিত হওয়াতে প্রথম সূত্রেরও সত্যতা প্রমাণিত হয়।

(2) **পিন দ্বারা ঃ**

একটি কার্ডবোর্ডের উপর একখণ্ড সাদা কাগজ আঁটিয়া উহার মধ্যস্থলে একটি আয়তাকার কাচের ফলক রাখ। পেন্সিল দিয়া ফলকটির বহিঃরেখা ABCD আঁক (3জ নং চিত্র)। এইবার ফলকটির AB পাশে দুইটি পিন P ও Q লম্বভাবে পোত যাহাতে PQ সরলরেখা AB সরল রেখাকে তির্যকভাবে ছেদ করে। এইবার ফলকটির CD পাশ হইতে কাচের ভিতর দিয়া P ও Q-এর প্রতিবিম্ব দেখ। চোখ এমন অবস্থায় রাখ যাহাতে প্রতিবিম্ব দুইটি এক সরলরেখায় থাকে। চোখ ঐভাবে রাখিয়া আরো দুইটি পিন R ও S ফলকের CD পাশে আটকাও যাহাতে R ও S এবং P ও Q-র প্রতিবিম্ব একই সরলরেখায় অবস্থান করে।

পিনদ্বারা প্রতিসরণের সূত্র পরীক্ষা

চিত্র 3জ

এইবার ফলকটি ও পিনগুলি সরাইয়া লইয়া P ও Q চিহ্ন যোগ কর ও উহাদের বর্ধিত করিয়া AB সরলরেখায় O বিন্দুতে মিশাও। তেমনি R ও S চিহ্ন যোগ করিয়া উহাদের বর্ধিত কর ও DC সরলরেখায় O′ বিন্দুতে মিশাও। এইবার OO′ বিন্দুদ্বয় একটি সরলরেখা দ্বারা যোগ কর। এস্থলে PQO আপতিত রশ্মি ও OO′ কাচের ভিতর প্রতিসৃত রশ্মি। O বিন্দুতে AB সরলরেখার উপর NN′ লম্ব টান (3ঝ নং চিত্র)। সুতরাং NON′ আপতন বিন্দুতে অভিলম্ব। O বিন্দুকে কেন্দ্র করিয়া সুবিধামত ব্যাসার্ধ লইয়া একটি বৃত্ত আঁক যাহা PQO সরলরেখাকে V বিন্দুতে ও OO′ সরলরেখাকে T বিন্দুতে ছেদ করে। V এবং T হইতে NON′ অভিলম্বের উপর VN ও TN′ লম্ব টান।

চিত্র 3ঝ

এখন $\text{Sin } i = \frac{NV}{OV}$ এবং $\text{Sin } r = \frac{TN'}{OT}$

$$\therefore \quad \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \frac{NV}{OV} \div \frac{TN'}{OT} = \frac{NV}{TN'} \quad [\because \quad OV = OT]$$

NV ও TN′-এর দৈর্ঘ্য মাপিয়া উহাদের অনুপাত বাহির করিলে আপতন কোণ ও প্রতিসরণ কোণদ্বয়ের সাইনের অনুপাত পাওয়া যাইবে। এইভাবে P ও Q পিনের অবস্থান পরিবর্তন করিয়া কয়েকবার পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে এই অনুপাতগুলি সর্বদা সমান। সুতরাং ইহা দ্বারা দ্বিতীয় সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হয়।

উপরন্তু আপতিত রশ্মি PQO, প্রতিসৃত রশ্মি OO′ ও অভিলম্ব NN′ কাগজের তলে থাকায় প্রথম সূত্রের সত্যতাও ইহা দ্বারা প্রমাণিত হয়।

3-5. **আপেক্ষিক ও চরম প্রতিসরাঙ্ক** (Relative and absolute refractive index):

যখন কোন আলোকরশ্মি '*a*' মাধ্যম হইতে আসিয়া '*b*' মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাতকে '*a*' মাধ্যমের সাপেক্ষ '*b*' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলা হয়। ইহাকে ${}_a\mu_b$ এইভাবে লেখা হয়। অর্থাৎ

$${}_a\mu_b = \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} \qquad [\ i = \text{আপতন কোণ ও } r = \text{প্রতিসরণ কোণ}\ ]$$

এই প্রতিসরাঙ্ককে **আপেক্ষিক প্রতিসরাঙ্ক** বলে।

যেহেতু, আলোর গতিপথ প্রত্যাবর্তনশীল (reversible), কাজেই কোন রশ্মি যদি '*b*' মাধ্যম হইতে আসিয়া বিভাগতলে r কোণে আপতিত হয় তবে '*a*' মাধ্যমে প্রতিসৃত হইবার সময়ে প্রতিসরণ কোণ i হইবে। অর্থাৎ, এই অবস্থায়

$${}_b\mu_a = \frac{\text{Sin } r}{\text{Sin } i}$$

$$\text{সুতরাং } {}_a\mu_b \times {}_b\mu_a = \frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} \times \frac{\text{Sin } r}{\text{Sin } i}$$

$$\text{অথবা, } {}_a\mu_b = \frac{1}{{}_b\mu_a}$$

যেমন বায়ু মাধ্যমের সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$; অতএব কাচ মাধ্যমের সাপেক্ষ বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক $\frac{2}{3}$.

যখন কোন আলোকরশ্মি শূন্য (vacuum) হইতে অন্য কোন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয়, তখনকার প্রতিসরাঙ্ককে ঐ মাধ্যমের **চরম প্রতিসরাঙ্ক** বলে।

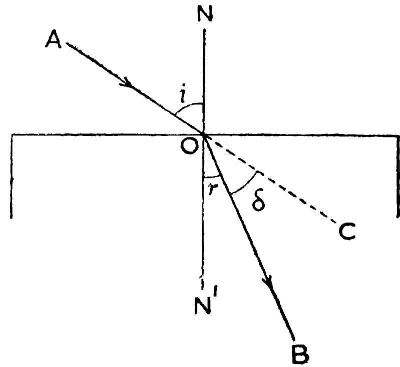
সাধারণভাবে কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলিলে বুঝিতে হইবে যে আলোকরশ্মি বায়ু হইতে আসিয়া উক্ত মাধ্যমে প্রতিসৃত হইয়াছে। যেমন কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·5 বলিলে বুঝিতে হইবে যে বায়ু মাধ্যমে রশ্মি আসিয়া যে-আপতন কোণ সৃষ্টি করিবে ও কাচের মধ্যে প্রতিসৃত হইয়া যে-প্রতিসরণ কোণ উৎপন্ন করিবে উহাদের সাইনের অনুপাত 1·5.

কয়েকটি পদার্থের প্রতিসরাঙ্কের তালিকা

কঠিন পদার্থ	প্রতিসরাঙ্ক	তরল পদার্থ	প্রতিসরাঙ্ক
ক্রাউন কাচ	1·5	জল	1·33
ফ্লিণ্ট কাচ	1·62	গ্লিসারিন	1·47
হীরা	2·6	তার্পিন তেল	1·47
বরফ	1·31	অ্যাল্‌কোহল	1·37

3·6. প্রতিসরণের দরুন আলোকরশ্মির চ্যুতি (Deviation of a ray due to refraction) :

এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে প্রতিসৃত হইবার সময় আলোকরশ্মির পথের চ্যুতি (deviation) হয়। আপতিত রশ্মির অভিমুখ ও প্রতিসৃত রশ্মির অভিমুখের ভিতর যে-কোণ উৎপন্ন হয় তাহাই রশ্মির চ্যুতির পরিমাপ।



প্রতিসরণের দরুন রশ্মির চ্যুতির পরিমাণ
চিত্র 3ঞ

মনে কর, AO একটি আপতিত রশ্মি এবং OB উহার প্রতিসৃত রশ্মি। $\angle AON = i$ = আপতন কোণ ও $\angle N'OB = r$ = প্রতিসরণ কোণ। AO-কে বর্ধিত করিয়া AOC রেখা টান। আপতিত রশ্মির অভিমুখ AOC; কিন্তু প্রতিসৃত রশ্মির অভিমুখ OB. সুতরাং প্রতিসরণের দরুন রশ্মির চ্যুতি $(\delta) = \angle BOC$ [চিত্র 3ঞ]

এখন, $\delta = \angle BOC = \angle N'OC - \angle N'OB$

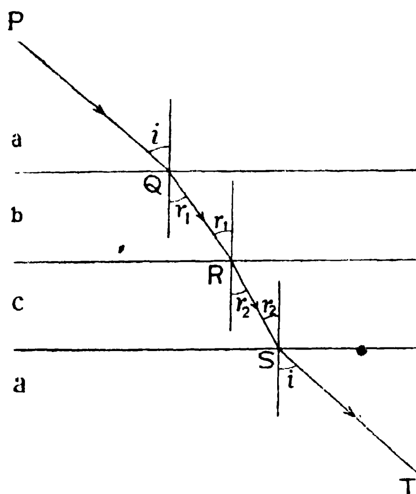
$= \angle NOA - \angle N'OB.$ [$\because \angle NOA = \angle N'OC$]

$= i - r.$

যদি রশ্মি লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তবে $i > r$, সেক্ষেত্রে $\delta = i - r$; কিন্তু যদি রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয়, তবে $r > i$ এবং সেক্ষেত্রে $\delta = r - i$.

3-7. ক্রমবর্ধমান ঘনত্বের পর পর রক্ষিত কয়েকটি সমান্তরাল মাধ্যমের মধ্য দিয়া আলোকের প্রতিসরণ (Refraction of light through a number of parallel media of increasing density) :

ধর, a, b, c, প্রভৃতি কয়েকটি সমান্তরাল মাধ্যম ক্রমবর্ধমান ঘনত্ব অনুসারে সজ্জিত—অর্থাৎ a অপেক্ষা b বেশী ঘন এবং b অপেক্ষা c আরো ঘন, ইত্যাদি। কিন্তু প্রথম ও শেষ মাধ্যম এক। এই ধরনের পাতে আলোকরশ্মি আসিয়া পড়িলে এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে ক্রমাগত প্রতিসৃত হইয়া অবশেষে রশ্মি প্রথম মাধ্যমে নির্গত হইবে। পরীক্ষার ফলে দেখা গিয়াছে এইরূপ প্রতিসরণের ফলে আপতিত রশ্মি ও নির্গম (emergent) রশ্মি পরস্পর সমান্তরাল হয়। যদি PQ আপতিত রশ্মি ও ST নির্গম রশ্মি হয় তবে উহারা পরস্পর সমান্তরাল হইবে (চিত্র 3ট)।



সমান্তরাল পাতে প্রতিসরণ

চিত্র 3ট

এখন, Q বিন্দুতে প্রতিসরণের ফলে আমরা লিখিতে পারি,

$$\frac{\sin i}{\sin r_1} = {}_a\mu_b$$

তেমনি R ও S বিন্দুতে প্রতিসরণের ক্ষেত্রে $\frac{\sin r_1}{\sin r_2} = {}_b\mu_c$ এবং $\frac{\sin r_2}{\sin i} = {}_c\mu_a$

ইহাদের গুণ পাই,

$$ {}_a\mu_b \times {}_b\mu_c \times {}_c\mu = \frac{\sin i}{\sin r_1} \times \frac{\sin r_1}{\sin r_2} \times \frac{\sin r_2}{\sin i}$$
$$= 1$$

উপরোক্ত ফল শুধু a, b, c তিনটি মাধ্যম নয়—যে-কোন সংখ্যার সমান্তরাল মাধ্যম থাকিলেই হইবে—শুধু প্রথম ও শেষ মাধ্যম এক হইতে হইবে।

যদি 'a' মাধ্যমকে বায়ু ধরা হয় তবে পূর্বোক্ত সমীকরণ হইতে আমরা লিখিতে পারি,

$$_{air}\mu_b \times {_b\mu_c} \times {_c\mu_{air}} = 1$$

$$\therefore \quad {_b\mu_c} = \frac{1}{_{air}\mu_b \times {_c\mu_{air}}} = \frac{_{air}\mu_c}{_{air}\mu_b}$$

উদাহরণঃ

(1) বায়ুর তুলনায় জলের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{4}{3}$ এবং বায়ুর তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক $\frac{3}{2}$ হইলে জলের তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত হইবে?

[If the refractive index of water with respect to air is $\frac{4}{3}$ and that of glass with respect to air is $\frac{3}{2}$, what is the refractive index of glass with respect to water ?]

উ। আমরা জানি, $_w\mu_g = \frac{_{air}\mu_g}{_{air}\mu_w} = \frac{\frac{3}{2}}{\frac{4}{3}} = \frac{3}{2} \times \frac{3}{4} = \frac{9}{8}$

(2) কাচের তুলনায় গ্লিসারিনের প্রতিসরাঙ্ক 0·98 এবং বায়ুর তুলনায় গ্লিসারিনের প্রতিসরাঙ্ক 1·47 ; বায়ুর তুলনায় কাচের প্রতিসরাঙ্ক এবং কাচের তুলনায় বায়ুর প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[Refractive index of glycerine with respect to glass is 0·98 and that of glycerine with respect to air is 1·47. Determine the refractive index of glass with respect to air and of air with respect to glass.]

উ। আমরা জানি, $_{glass}\mu_{gly} = \frac{_{air}\mu_{gly}}{_{air}\mu_{glass}}$

$$\therefore \quad 0{\cdot}98 = \frac{1{\cdot}47}{_{air}\mu_{glass}}$$

$$\therefore \quad {_{air}\mu_{glass}} = \frac{1{\cdot}47}{0{\cdot}98} = 1{\cdot}5$$

আবার, $_{air}\mu_{glass} = \frac{1}{_{glass}\mu_{air}}$

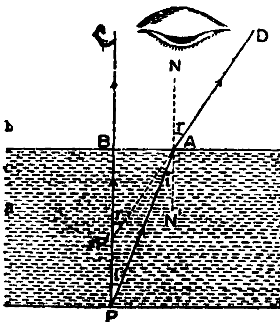
$$\therefore \quad {_{glass}\mu_{air}} = \frac{1}{1{\cdot}5} = 0{\cdot}66$$

3-8. সমতলে আলোকের প্রতিসরণ কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন (Formation of image by refraction at a plane surface) :

বস্তু হইতে নির্গত আলোকরশ্মি সমতলে প্রতিসৃত হইবার পর যখন বাঁকিয়া চোখে পৌছায়, তখন মনে হয় ঐ প্রতিসৃত রশ্মিগুলি অন্য কোন বিন্দু হইতে আসিতেছে। ঐ বিন্দুকে বস্তু-বিন্দুর প্রতিবিম্ব বলা হইবে। বস্তু ঘন মাধ্যমে থাকিলে এবং চোখ লঘু মাধ্যমে রাখিলে মনে হইবে বস্তু খানিকটা উপরে উঠিয়া আসিয়াছে এবং বস্তু লঘু মাধ্যমে ও চোখ ঘন মাধ্যমে রাখিলে মনে হইবে বস্তুটি খানিকটা দূরে সরিয়া গিয়াছে। নিম্নে এই দুই পদ্ধতির আলোচনা করা হইল। এস্থলে একটি কথা সর্বদা মনে রাখিতে হইবে যে দর্শক উপর হইতে সোজাসুজি নীচের দিকে তাকাইবে অর্থাৎ বস্তু হইতে নির্গত রশ্মিগুলি খুব তির্যকভাবে বিভাগ-তলে আপতিত হইলে সেগুলি বিবেচনা করা হইবে না—কারণ প্রতিসরণের পর রশ্মিগুলি দূরে বাঁকিয়া যাইবে এবং চোখে পৌছাইবে না।

(ক) **বস্তু ঘন মাধ্যমে ও চোখ লঘু মাধ্যমে** :

'a' মাধ্যমে অবস্থিত P একটি বস্তু। P হইতে একটি রশ্মি PB অভিলম্ব-ভাবে প্রতিসরণতল AB-র উপরে আপতিত হইল (3ঠ নং চিত্র)। সুতরাং ঐ রশ্মি 'b' মাধ্যমে সোজাসুজি BC পথে চলিয়া যাইবে। আর একটি রশ্মি PA একটু তির্যকভাবে A বিন্দুতে আপতিত হইয়া AD পথে প্রতিসৃত হইল। প্রতিসৃত রশ্মিটি অভিলম্ব AN হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। এই দুইটি প্রতিসৃত রশ্মি—BC ও AD—পশ্চাতে বর্ধিত করিল P′ বিন্দুতে ছেদ করে। সুতরাং প্রতিসৃত রশ্মিদ্বয় চোখে পৌছাইলে মনে হইবে P বিন্দু P′ বিন্দুতে অবস্থিত। অর্থাৎ P′ বিন্দু হইল P বিন্দুর প্রতিবিম্ব। এস্থলে প্রতিবিম্ব প্রতিসরণতলের দিকে উঠিয়া আসিয়াছে।



প্রতিসরণের জন্য প্রতিবিম্ব কিছু উপরে উঠিয়া যাইবে

চিত্র 3ঠ

এখন 'b' মাধ্যমের সাপেক্ষ 'a' মাধ্যমের প্রতিরসাঙ্ক μ ধরিলে, প্রতিসরণের সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{\mu}=\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}=\frac{\text{Sin PAN}'}{\text{Sin DAN}}$$

কিন্তু $\angle PAN'=\angle APB$ এবং $\angle DAN=\angle P'AN'=\angle AP'B$

সুতরাং, $\dfrac{1}{\mu}=\dfrac{\text{Sin ABP}}{\text{Sin AP}'\text{B}}=\dfrac{AB}{AP}\Big/\dfrac{AB}{AP'}=\dfrac{AP'}{AP}$

যেহেতু, A বিন্দু B বিন্দুর খুব নিকটবর্তী (PA রশ্মি খুব বেশী তির্যক নহে) কাজেই, $AP'=BP'$ এবং $AP=BP$.

অর্থাৎ, $\dfrac{1}{\mu}=\dfrac{BP'}{BP}$

অর্থাৎ, $\mu=\dfrac{BP}{BP'}=\dfrac{\text{বস্তুর প্রকৃত গভীরতা}}{\text{,, আপাত ,,}}$

(খ) **বস্তু লঘু মাধ্যমে ও চোখ ঘন মাধ্যমে :**

'b' লঘু মাধ্যমে P একটি বস্তু। P হইতে দুইটি রশ্মি—PB ও PA— প্রতিসরণতল AB কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া ন মাধ্যম 'a'-তে প্রবেশ করে এবং খন চোখে পেঁছায় তখন মনে হয় রশ্মিদ্বয় ' বিন্দু হইতে নির্গত হইতেছে। অর্থাৎ, ' বিন্দু P বিন্দুর প্রতিবিম্ব।

এস্থলে প্রতিবিম্ব প্রতিসরণতল হইতে রে সরিয়া গিয়াছে (3ঙ নং চিত্র)।

প্রতিসরণের দরুন প্রতিবিম্ব কিছু দূরে সরিয়া যাইবে

চিত্র 3 ঙ

এখানে $\mu=\dfrac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r}=\dfrac{\text{Sin PAN}'}{\text{Sin DAN}}$

কিন্তু $\angle PAN'=\angle APB$ এবং

$\angle DAN=\angle P'AN'=\angle AP'B$.

সুতরাং $\mu=\dfrac{\text{Sin APB}}{\text{Sin AP}'\text{B}}=\dfrac{AB}{AP}\Big/\dfrac{AB}{AP'}=\dfrac{AP'}{AP}$

কিন্তু A বিন্দু B বিন্দুর খুব নিকটবর্তী হওয়ায় $AP'=BP'$ এবং $AP=BP$, কাজেই,

$$\mu=\frac{BP'}{BP}=\frac{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}{\text{প্রকৃত}}$$

উদাহরণ :

(1) একটি কাচ-ফলকের উচ্চতা 10 cm ; ফলকের তলায় একটি বিন্দু আছে। ফলকের ভিতর দিয়া দেখিলে বিন্দুটি কতটা উঠিয়া আসিবে ? কাচের $\mu = 1{\cdot}5$.

[The height of a glass slab is 10 cm. There is a dot on the bottom of the block. What will be the apparent displacement of the dot when viewed through the block ? μ of glass $= 1{\cdot}5$.]

উ। আমরা জানি, $\mu = \dfrac{\text{বস্তুর প্রকৃত উচ্চতা}}{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}$

এক্ষেত্রে, $1{\cdot}5 = \dfrac{10}{\text{বস্তুর আপাত উচ্চতা}}$

স্থতরাং, বস্তুর আপাত উচ্চতা $= \dfrac{10}{1{\cdot}5} = 6{\cdot}6$ cm.

স্থতরাং, বস্তুটির সরণ $= 10 - 6{\cdot}6 = 3{\cdot}4$ cm.

(2) একটি জলপূর্ণ পাত্রের গভীরতা 12 ft ; সোজাসুজি তাকাইলে পাত্রের গভীরতা কত মনে হইবে ? জলের প্রতিসরাঙ্ক $= \frac{4}{3}$.

[A vessel full of water is 12 ft deep. If the refractive index of water with respect to air be $\frac{4}{3}$, find the apparent depth of the vessel.]

উ। আমরা জানি, $\mu = \dfrac{\text{প্রকৃত উচ্চতা}}{\text{আপাত উচ্চতা}}$

এক্ষেত্রে, $\frac{4}{3} = \dfrac{12}{\text{আপাত উচ্চতা}}$

স্থতরাং, পাত্রের আপাত গভীরতা $= \frac{12 \times 3}{4} = 9$ ft.

(3) একটি স্বচ্ছ কাচের ঘনকের প্রত্যেক তলের দৈর্ঘ্য 15 cm ; উহার ভিতরে একটি ছোট বায়ু বুদ্‌বুদ্‌ আছে। কোন একটি তল হইতে লক্ষ্য করিলে মনে হয় ইহা যেন ঐ তল হইতে 6 cm. গভীরে আছে। ঠিক বিপরীত তল হইতে লক্ষ্য করিলে উহার আপাত অবস্থান 4 cm. গভীরে মনে হয়।

প্রথম তল হইতে বুদ্‌বুদ্‌টির প্রকৃত দূরত্ব এবং কাচের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয় কর।

[A transparent cube of glass 15 cm. edge, contains a small air bubble. Its apparent depth when viewed through one face of the cube is 6 cm. and when viewed through the opposite face is 4 cm. What is the actual distance of the bubble from the first face and what is the refractive index of glass ?]

উ। মনে কর প্রথম তল হইতে বুদ্‌বুদের প্রকৃত দূরত্ব $= x$ cms.

সুতরাং বিপরীত তল হইতে উহার প্রকৃত দূরত্ব $= 15 - x$ „

এখন, আমরা জানি যে, $\mu = \frac{\text{প্রকৃত দূরত্ব}}{\text{আপাত দূরত্ব}}$

কাজেই, প্রথম তলের বেলাতে, $\mu = \frac{x}{6}$

এবং দ্বিতীয় তলের বেলাতে, $\mu = \frac{15 - x}{4}$

$$\therefore \quad \frac{x}{6} = \frac{15 - x}{4}$$

বা, $\frac{x}{3} = \frac{15 - x}{2}$

বা, $2x = 45 - 3x$

$$\therefore \quad x = 9 \text{ cm.}$$

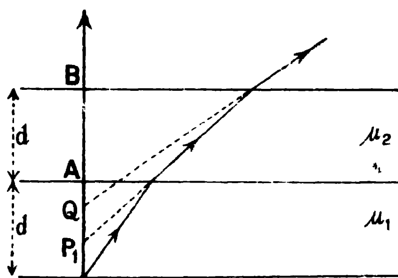
এবং $\mu = \frac{9}{6} = 1.5$

(4) একটি পাত্রের গভীরতা $2d$; উহার অর্ধেক μ_1 প্রতিসরাঙ্কযুক্ত তরল দ্বারা ভর্তি এবং অপরার্ধ μ_2 প্রতিসরাঙ্কের তরল দ্বারা পূর্ণ। যদি পাত্রের তলদেশে লম্বভাবে দৃষ্টিপাত করা যায় তবে প্রমাণ কর যে পাত্রের আপাত গভীরতা $= d\left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2}\right)$

[A vessel has depth $2d$ and it is half-filled by a liquid of refractive index μ_1 and other half by another liquid of refrac-

tive index μ_2. Prove that when viewed perpendicularly, the apparent depth of the vessel is $= d\left(\frac{1}{\mu_1}+\frac{1}{\mu_2}\right)$]

উ। মনে কর, প্রথম তরল হইতে দ্বিতীয় তরলে প্রতিসরণের পর রশ্মি P_1 বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে [চিত্র নং 3ড (i)]।



চিত্র 3ড (i)

অতএব, $\frac{AP}{AP_1}=\frac{\mu_1}{\mu_2}$ $\qquad AP_1=\frac{\mu_2}{\mu_1}.\ AP=\frac{\mu_2}{\mu_1}.\ d$

এখন দ্বিতীয় তরল হইতে বায়ুতে প্রতিসৃত হইবার পর মনে কর রশ্মি Q বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে। এক্ষেত্রে,

$$\frac{BP_1}{BQ}=\mu_2$$

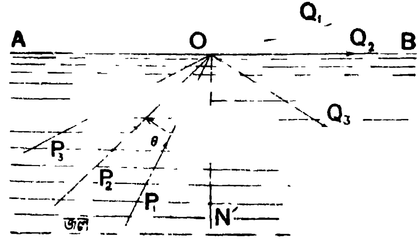
$$\therefore \quad BQ=\frac{BP_1}{\mu_2}=\frac{BA+AP_1}{\mu_2}=\frac{d}{\mu_2}+\frac{AP_1}{\mu_2}=\frac{d}{\mu_2}+\frac{d}{\mu_1}$$

$$=d\left(\frac{1}{\mu_1}+\frac{1}{\mu_2}\right).$$

3-9. **আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন** (Total internal reflection)

আমরা পূর্বে দেখিয়াছি যে আলোকরশ্মি যখন ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তখন প্রতিসৃত রশ্মি অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যায় অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ আপতন কোণ অপেক্ষা বেশী হয়।

ধরা যাউক, AB রেখা জল ও বায়ু মাধ্যমদ্বয়ের স্পর্শতলের (3ঢ নং চিত্র) ছেদ। এখানে জল ঘন ও বায়ু লঘু মাধ্যম। জলের মধ্যে P_1 বিন্দু হইতে কোন রশ্মি P_1O পথে গিয়া বায়ুতে OQ_1 পথে প্রতিসৃত হইল। প্রতিসরণ কোণ Q_1ON আপতন কোণ P_1ON' অপেক্ষা বড়। আপতন কোণ যত বৃদ্ধি করা হইবে প্রতিসরণ কোণও তত বৃদ্ধি পাইবে যতক্ষণ পর্যন্ত না প্রতিসরণ কোণ 90° হয়, অর্থাৎ প্রতিসৃত রশ্মি OQ_2 মাধ্যমদ্বয়ের স্পর্শতল-AB ঘেঁষিয়া যায়। কারণ, ইহা অপেক্ষা প্রতিসরণ কোণের মান বেশী হইতে পারে না। ধরা যাউক, আপতন কোণ যখন $\angle P_2ON'$ হইল তখন OQ_2 প্রতিসৃত রশ্মি AB তল ঘেঁষিয়া গেল।



আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন
চিত্র 3ঢ

এইবার যদি আপতন কোণ আর একটু বাড়ানো যায়, তবে দেখা যাইবে যে রশ্মি আর বায়ুমাধ্যমে প্রতিসৃত হইতেছে না; সম্পূর্ণ রশ্মি সাধারণ প্রতিফলনের নিয়মানুযায়ী AB তল দ্বারা প্রতিফলিত হইয়া জলে প্রবেশ করিতেছে। 3ঢ নং চিত্রে P_3ON' ঐরূপ বর্ধিত আপতন কোণ দেখানো হইয়াছে এবং তাহার ফলে OQ_3 রশ্মি জলে প্রতিফলিত হইয়া আসিয়াছে। এই অবস্থায় মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদ-তল আয়নার মত ব্যবহার করে। ইহাকেই **আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন** বলে।

তাছাড়া, যে-আপতন কোণের ($\angle P_2ON'$) ফলে প্রতিসরণ কোণ 90° হয়, তাহাকে উক্ত মাধ্যমদ্বয়ের **সংকট কোণ** (critical angle) বলা হয়।

সুতরাং, আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইতে গেলে নিম্নলিখিত দুইটি শর্তের অবশ্য প্রয়োজন :

(1) রশ্মিকে ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাইতে হইবে।

(2) আপতন কোণ মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ অপেক্ষা বড় হইতে হইবে।

3-10. সংকট কোণ ও ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্কের সম্বন্ধ :

ধরা যাউক $\angle P_2ON' = \theta$ জল ও বায়ুমাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ (3চ নং চিত্র)। সুতরাং প্রতিসৃত রশ্মি OQ_2 জলের উপরতল AB ঘেঁষিয়া যাইবে অর্থাৎ প্রতিসরণ কোণ $\angle NOQ_2 = 90°$

প্রতিসরণের দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী আমরা জানি,

$$\frac{\text{Sin } \theta}{\text{Sin } 90°} = \frac{1}{\mu}$$

[μ = বায়ু সাপেক্ষ জলের প্রতিসরাঙ্ক]

$$\therefore \quad \text{Sin } \theta = \frac{1}{\mu}$$

সুতরাং ঘন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক জানা থাকিলে সংকট কোণ নির্ণয় করা যায়।

উদাহরণ :

(1) বায়ু সাপেক্ষ কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·52 হইলে উহাদের সংকট-কোণ নির্ণয় কর।

[If the refractive index of glass with respect to air be 1·52, find the critical angle between them.]

উ। ধরা যাউক, সংকট কোণ $= \theta$ সুতরাং, $\text{Sin } \theta = 1/\mu$

এস্থলে $\mu = 1·52$; অতএব $\text{Sin } \theta = \frac{1}{1·52} = ·6579 = \text{Sin } 41°$(nearly)

$$\therefore \quad \theta = 41° \text{ (nearly)}$$

(2) একটি রশ্মি কাচ হইতে জলে এমনভাবে প্রতিসৃত হইল যে প্রতিসৃত রশ্মি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতল ঘেঁষিয়া গেল। বায়ুর তুলনায় কাচ ও জলের প্রতিসরাঙ্ক যথাক্রমে 1·5 এবং 1·33 হইলে রশ্মিটির আপতন কোণ নির্ণয় কর।

[A ray of light passes from glass to water at a certain angle of incidence such that the refracted ray just grazes the surface of separation of the two media. If the refractive indices of glass and water with respect to air be 1·5 and 1·33 respectively, find the angle of incidence.]

উ। আমরা জানি, $_{\omega}\mu_{g} = \frac{_{air}\mu_{g}}{_{air}\mu_{\omega}} = \frac{1·5}{1·33} = 1·12$

যেহেতু প্রতিসৃত রশ্মি মাধ্যমদ্বয়ের বিভেদতল ঘেঁষিয়া যাইতেছে সেইহেতু আপতন কোন θ মাধ্যমদ্বয়ের সংকট কোণ হইবে। এক্ষেত্রে জল লঘু মাধ্যম ও কাচ ঘন মাধ্যম। আমাদের জানা আছে,

$$\text{Sin } \theta = \frac{1}{_{\omega}\mu_{g}} = \frac{1}{1·12} = ·89 \quad \therefore \ \theta = 62° \ 54' \text{ (প্রায়)।}$$

3-11. পূর্ণ প্রতিফলনের কয়েকটি দৃষ্টান্ত :

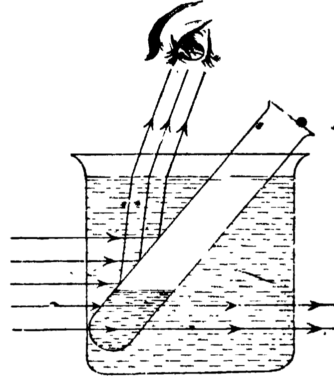
(1) একটি লোহার বলের গায়ে ভূসাকালি মাখাইয়া জলে ডুবাও। দেখিবে যে কালি মাখানো সত্ত্বেও বলের গা চক্‌চকে দেখাইতেছে। পূর্ণ আভ্যন্তরীণ প্রতিফলনের জন্য এইরূপ হয়।

ভূসাকালি মাখাইবার ফলে বলটিকে জলে রাখিলেও উহার গায়ে একটা পাতলা বায়ুস্তর লাগিয়া থাকে। আলোকরশ্মি জলের ভিতর দিয়া গিয়া ঐ বায়ুস্তরে পড়ে অর্থাৎ ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাইবার চেষ্টা করে। চোখ যদি এমন ভাবে রাখা যায় যে আপতন কোণ জল ও বায়ুর সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হয় তবে আলোকরশ্মি পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছাইবে। সুতরাং বলের ঐ অংশ আয়নার মত চক্‌চকে দেখাইবে।

একই কারণে জলের ভিতর হইতে বুদ্‌বুদ্ উঠিবার সময় চক্‌চকে দেখায় বা কাচের কাগজ-চাপার (paper-weight) ভিতর বুদ্‌বুদ্‌গুলি চক্‌চকে দেখায়। হীরা, চুনী, পান্না প্রভৃতি মূল্যবান পাথরের উজ্জ্বলতাও পূর্ণ প্রতিফলনের দরুন হইয়া থাকে।

(2) একটি পাত্র জলপূর্ণ করিয়া উহার ভিতরে একটি কাচের টেস্ট টিউব আংশিক ডুবাইয়া রাখ। টেস্ট টিউবে খানিকটা জল লও। উপর হইতে টেস্ট টিউবের নিমজ্জিত খালি অংশে দৃষ্টিপাত করিলে চক্‌চকে দেখাইবে। এরূপ হইবার কারণ কি?

আলোকরশ্মি জল হইতে গিয়া টেস্ট টিউবের অভ্যন্তরস্থ বায়ুতে প্রবেশ করিতে চায় এবং আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইলেই পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া চোখে পৌছায় (3ণ নং চিত্র)। এই কারণে টেস্ট টিউবের গাত্র চক্‌চকে দেখায়।



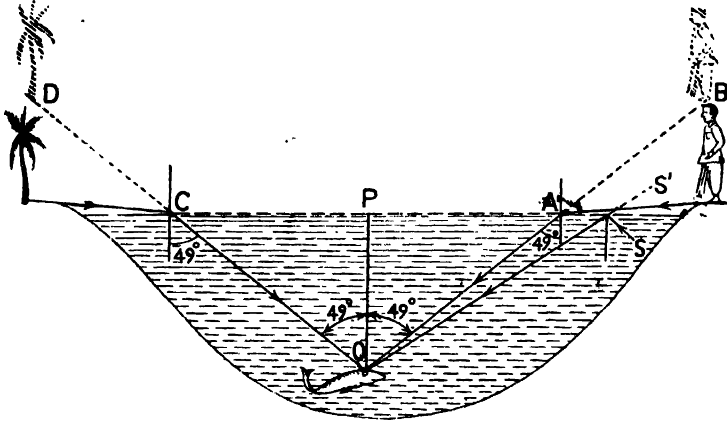
পূর্ণ প্রতিফলনের জন্য টেস্ট টিউবের নিমজ্জিত খালি অংশ চক্‌চকে দেখায়
চিত্র 3ণ

টেস্ট টিউবের জলপূর্ণ অংশের দিকে তাকাইলে কিন্তু চকচকে দেখাইবে না। কারণ আলোকরশ্মি টেস্ট টিউবের বাহিরের জল হইতে আসিয়া ভিতরের জলে প্রবেশ করিবে। সুতরাং পূর্ণ প্রতিফলন হইবে না।

(3) **জলের ভিতর মাছের দৃষ্টি** (A fish-eye view) :

জলের ভিতর থাকিয়া মাছ জলের উপরের জিনিস কিরূপে দেখিতে পায়, তাহা আলোচনা করা যাউক। মনে কর, একটি জলাশয়ের তীরে একজন

মানুষ দাঁড়াইয়া আছে। জল ও বায়ুর সংকট কোণ 49°। এখন মানুষ হইতে কোন রশ্মি যদি জলের তল ঘেঁষিয়া জলে প্রবেশ করে এবং মাছের চোখে



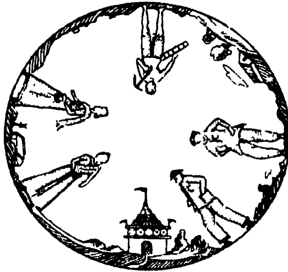
জলের ভিতব মাছেব দৃষ্টি

চিত্র 3ত

পৌঁছায় তবে জলের ভিতর প্রতিসরণ কোণ হইবে 49° [চিত্র 3ত]। জলের উপর হইতে অন্য কোন রশ্মি ইহা অপেক্ষা বেশী কোণ করিয়া মাছের চোখে পৌঁছাইতে পারে না। সুতরাং মাছ মানুষকে দেখিবে OAB রেখা বরাবর যাহা OP রেখার সহিত 49° কোণ উৎপন্ন করে। তেমনি, অপর পাড়ে একটি গাছ থাকিলে মাছের চোখ উহাকে OCD রেখা বরাবর দেখিতে পাইবে। চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় যে OCD রেখাও OP রেখার সহিত 49° কোণ উৎপন্ন করে। সুতরাং জলের উপরিস্থ সকল বস্তুই মাছের চোখে 98° কোণবিশিষ্ট একটি শঙ্কুর (cone) মধ্যে অবস্থিত আছে বলিয়া মনে হইবে। এইজন্য আমরা পৃথিবীর উপরে বায়ুমধ্যে সূর্যকে প্রতিদিন প্রায় 180° ডিগ্রীর বৃত্তীয় চাপে পরিক্রমা করিতে দেখি কিন্তু জলের মধ্যে মাছ সূর্যকে 98° ডিগ্রীর বৃত্তীয় চাপে পরিক্রমা করিতে দেখে।

উপরোক্ত শঙ্কুর বাহিরে তাকাইলে মাছ জলের ভিতরস্থ বস্তু দেখিতে পাইবে। যেমন জলের ভিতরে একটি বস্তু S হইতে আলোকরশ্মি জলতলে আপতিত হইলে আপতন কোণ 49° ডিগ্রীর বেশী হয়, সুতরাং রশ্মিটি জলতল দ্বারা পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া মাছের চোখে পৌঁছাইবে এবং বস্তুটিকে S′ অবস্থানে দেখা

যাইবে। এই কারণে মাছের চোখ সমস্ত জলতলকে চক্‌চকে আয়নার মত দেখিবে ; শুধু ঐ আয়নাতে একটি গোল ছিদ্র থাকিবে যাহার ব্যাসার্ধ হইবে CP অথবা AP এবং ঐ ছিদ্র দিয়া জলের উপরের সমস্ত বস্তু মাছের চোখে ধরা পড়িবে।



পুকুর পাড়ের জিনিসগুলি জলের মধ্যে মাছের চোখে যেমন দেখাইবে
চিত্র 3থ

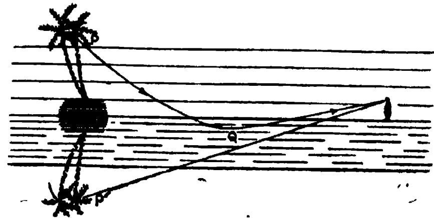
একটি পুকুরের পাড়ে চতুর্দিকে যদি কয়েকজন মানুষ দাঁড়াইয়া থাকে তবে জলের ভিতর মাছের চোখ ঐ মানুষগুলি এবং পাড়ের অন্যান্য বস্তু যেভাবে দেখিতে পাইবে তাহা 3থ নং চিত্রে দেখানো হইল।

(4) পূর্ণ প্রতিফলনের প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত :

মরুঅঞ্চলে বা শীতপ্রধান দেশে কোন দূরের বস্তু সম্বন্ধে লোকের একপ্রকার দৃষ্টিভ্রম (optical illusion) হয়। মরুঅঞ্চলে মনে হয়, কোন দূরের গাছপালা কোন জলাশয় কর্তৃক প্রতিফলিত হইতেছে এবং শীতপ্রধান দেশে মনে হয় কোন দূরের বস্তুর উল্টা প্রতিবিম্ব আকাশে ঝুলিয়া আছে। এই ধরনের দৃষ্টিভ্রমকে **মরীচিকা** (mirage) বলে এবং ইহা আলোকের পূর্ণ প্রতিফলনের জন্য হইয়া থাকে।

মরুভূমির মরীচিকা :

মরুভূমিতে সূর্যের উত্তাপে বালি খুব উত্তপ্ত হয় এবং উহার সংলগ্ন বায়ুস্তরও উত্তপ্ত হয়। ফলে ঐ বায়ুস্তরের আয়তন বাড়িয়া যায় এবং ঘনত্ব কমিয়া যায়। যত উপরে উঠা যায় তাপমাত্রা তত কম থাকে এবং তাহার ফলে উপরে ক্রমশ ঘনতর বায়ুস্তর অবস্থান করে। দূরের একটি গাছের কোন বিন্দু P হইতে যে-কোন নিম্নগামী আলোকরশ্মি শীতল বায়ুস্তর হইতে উত্তপ্ত বায়ুস্তরে (অর্থাৎ ঘন মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে) যাওয়ার ফলে প্রতিসৃত হইবে এবং অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া যাইবে। এইভাবে ক্রমশ বাঁকিতে বাঁকিতে অবশেষে এমন একটি স্তরে—যেমন Q স্তরে আসিয়া



মরুভূমির মরীচিকা
চিত্র 3দ

পৌঁছাইবে যখন আপতন কোণ সেই স্তর ও নীচু স্তরের সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইবে (3দ নং চিত্র)। সুতরাং তখন রশ্মির প্রতিসরণ না হইয়া আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে এবং প্রতিফলিত রশ্মি উপর দিকে যাত্রা সুরু করিবে। এইবার রশ্মি লঘুতর স্তর হইতে ঘনতর স্তরে প্রতিসৃত হওয়ায় ক্রমশ উপরের দিকে বাঁকিয়া যাইবে এবং অবশেষে মানুষের চোখে যাইয়া পৌঁছাইবে। চোখ রশ্মির এই বক্রপথ অনুসরণ করিতে পারিবে না। চোখ দেখিবে যেন রশ্মিটি P′ বিন্দু হইতে আসিতেছে। P′ বিন্দু হইবে P বিন্দুর প্রতিবিম্ব এবং এইভাবে মানুষ সমগ্র গাছের একটা উল্টা প্রতিবিম্ব দেখিবে।

তাছাড়া, তাপমাত্রার অনবরত পরিবর্তনের ফলে বিভিন্ন স্তরের ঘনত্ব ও প্রতিসরাঙ্ক সর্বদা পরিবর্তিত হয়। ইহার ফলে প্রতিবিম্বের মৃদু আন্দোলন হইতেছে বলিয়া মনে হয়, যেমন, বায়ুপ্রবাহের ফলে জলাশয়ের জল কম্পিত হইলে প্রতিবিম্ব আস্তে আস্তে আন্দোলিত হয়। গাছ হইতে সোজাসুজি যে রশ্মি চোখে পৌঁছায় তাহার ফলে গাছটিকে যথাস্থানে দেখা যায়। এই সব মিলিয়া মানুষের চোখে জলাশয় কর্তৃক প্রতিবিম্বের সৃষ্টি হইয়াছে এইরূপ দৃষ্টিভ্রম হয়।

শীতপ্রধান দেশের মরীচিকা ঃ

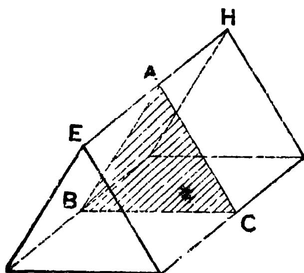
শীতের দেশে বায়ুস্তরের ঘনত্ব যত উপরে যাওয়া যায় তত কমিয়া যায়। সুতরাং, কোন দূরের বস্তু হইতে যে আলোকরশ্মি ঊর্ধ্বগামী হয় তাহা ঘনতর মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যাওয়ার ফলে অভিলম্ব হইতে দূরে প্রতিসৃত হয় এবং এই-ভাবে ক্রমশ আপতন কোণ বৃদ্ধি পাইয়া অবশেষে একটি স্তর হইতে পূর্ণ প্রতিফলন হয়। তখন রশ্মি নিম্নগামী হইয়া মানুষের চোখে পৌঁছায় এবং মনে হয় উপরের কোন এক বিন্দু হইতে আসিতেছে। এইরূপে সমগ্র বস্তুটির একটা উল্টা প্রতিবিম্ব আকাশে ঝুলন্ত অবস্থায় দেখা যায় (3ধ নং চিত্র)।



শীতপ্রধান দেশের মরীচিকা
চিত্র 3ধ

3-12. প্রিজমের দ্বারা আলোকের প্রতিসরণ (Refraction of light through a prism) :

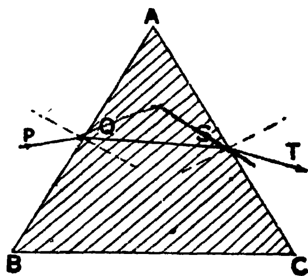
প্রিজম : ইহা একটি কাচের ত্রিভুজাকৃতি ফলক যাহার তলগুলি পরস্পরের সহিত আনত (inclined) এবং যাহার প্রান্তরেখাগুলি (edges) সব পরস্পর সমান্তরাল। 3ন নং চিত্রে একটি প্রিজমের ছবি দেখানো হইয়াছে। EH প্রিজমের একটি প্রান্তরেখা। ABC প্রিজমের একটি ছেদ (section)। ইহাকে প্রিজমের **প্রধান ছেদ** (principal section) বলা হয়। ইহা প্রিজমের তিনটি প্রান্তরেখার সহিত লম্বভাবে অবস্থান করে। আমরা যখন প্রিজমের দ্বারা আলোকের প্রতিসরণ আলোচনা করিব তখন সর্বদা মনে করিব যে রশ্মি প্রিজমের প্রধান ছেদের তলে (plane) অবস্থান করিতেছে। BAC কোণকে প্রিজমের **প্রতিসারক কোণ** ও BC-কে **ভূমি** বলা হয়। AB অথবা AC-কে প্রতিসারক পৃষ্ঠ (refracting surface) বলা হয়।



প্রিজম, ABC প্রিজমের প্রধান ছেদ

চিত্র 3ন

ধরা যাউক, ABC একটি প্রিজমের প্রধান ছেদ। PQ একটি রশ্মি AB তলে Q বিন্দুতে আপতিত হইল (3প নং চিত্র)। এইবার আলোকরশ্মি কাচ মাধ্যমে প্রবেশ করিলে প্রতিসৃত হইবে এবং QS প্রতিসৃত রশ্মি AB তলের উপর অঙ্কিত অভিলম্বের দিকে সরিয়া যাইবে। আলোকরশ্মি AC তলে S বিন্দুতে আপতিত হইয়া পুনরায় বায়ুমাধ্যমে নির্গত হইবে। ইহার ফলে রশ্মি পুনরায় প্রতিসৃত হইবে এবং AC তলে অঙ্কিত অভিলম্ব হইতে দূরে সরিয়া গিয়া ST সরলরেখায় নির্গত হইবে। সুতরাং PQST হইল আলোকরশ্মির সমগ্র পথ। ইহা স্পষ্টই বোঝা যায় যে প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে রশ্মি প্রিজমের ভূমির (BC) দিকে বাঁকিয়া যায় অর্থাৎ রশ্মিটির পথের **চ্যুতি** (deviation) ঘটে। আপতিত রশ্মি PQ-র

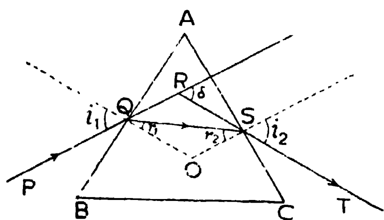


প্রিজমের মধ্য দিয়া রশ্মির গতিপথ

চিত্র 3প

অভিমুখ ও নির্গম রশ্মি ST-র অভিমুখ পরস্পরের সহিত যে-কোণ উৎপন্ন করে তাহাকে **চ্যুতি-কোণ** (angle of deviation) বলে।

চ্যুতিকোণের পরিমাপ



চ্যুতিকোণের পরিমাপ
চিত্র 3ফ

মনে কর, ABC প্রিজমের ভিতর দিয়া PQST হইল আলোকরশ্মির সমগ্র পথ (চিত্র 3ফ)। PQ ও TS-কে বর্ধিত করিলে উহারা যে-কোণ উৎপন্ন করে (δ) উহাই হইল রশ্মির চ্যুতি-কোণ। AB তলে PQ রশ্মির আপতন কোণ i_1 এবং প্রতিসরণ কোণ r_1 এবং AC তলে QS রশ্মির আপতন কোণ r_2 এবং নির্গম কোণ i_2. এখন RQS ত্রিভুজের QR বাহু বর্ধিত করা হইয়াছে বলিয়া

বহিঃস্থকোণ $\delta = \angle RQS + \angle RSQ$

$$= (i_1 - r_1) + (i_2 - r_2)$$
$$= i_1 + i_2 - (r_1 + r_2)$$

এখন, AQOS চতুর্ভুজের সব কয়টি কোণের সমষ্টি $= 4\ rt \angle s$

বা, $\angle A + \angle O + \angle AQO + \angle ASO = 4\ rt \angle s$

$\angle AQO + \angle ASO = 2\ rt \angle s$ [কারণ QO এবং SO যথাক্রমে AB ও AC তলে লম্ব]

$\therefore \quad \angle A + \angle O = 2\ rt \angle s$

আবার QSO ত্রিভুজে $\angle O + \angle r_1 + \angle r_2 = 2\ rt.\ \angle s$

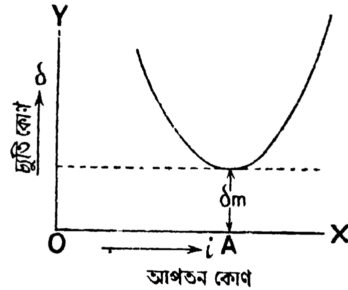
$\therefore \quad \angle A = \angle r_1 + \angle r_2$

সুতরাং, $\delta = i_1 + i_2 - A$.

3-13. ন্যূনতম চ্যুতির কোণ (Angle of minimum deviation) :

উপরোক্ত সমীকরণ হইতে ইহা স্পষ্ট বোঝা যায় যে কোন নির্দিষ্ট প্রতি-সারক কোণের প্রিজমের বেলাতে চ্যুতি-কোণ δ আপতন কোণ i_1-এর

উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ, আপতন কোণ পরিবর্তন করিলে চ্যুতি-কোণও পরিবর্তিত হয়। কিন্তু দেখা গিয়াছে যে একটি নির্দিষ্ট আপতন কোণে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম (minimum) হয়। অর্থাৎ, আপতিত রশ্মি ঐ নির্দিষ্ট কোণ অপেক্ষা বেশী অথবা কম কোণে আপতিত হইলে চ্যুতি-কোণ সর্বদা বাড়িয়া যায়। একটি রশ্মিকে বিভিন্ন আপতন কোণে একটি প্রিজমের উপর ফেলিয়া উহার বিভিন্ন চ্যুতি-কোণ নির্ণয় করিয়া আপতন-কোণ (i) এবং চ্যুতি কোণ (δ)-গুলির ভিতর একটি লেখ (graph) টানিলে উহা 3ব নং চিত্রের ন্যায় হইবে। ইহাকে i—δ লেখ বলা হয়। চিত্র হইতে সহজে বোঝা যায় একটি নির্দিষ্ট আপতন কোণে (চিত্রে OA) রশ্মি আপতিত হইলে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম (δ_m) হয়। অন্য যে-কোন আপতন কোণের বেলাতে চ্যুতি-কোণ বেশী হয়। চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম হইলে উহাকে **ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ** বলা হয় এবং কোন প্রিজমকে যদি এমনভাবে স্থাপিত করা যায় যে, আপতিত রশ্মি উক্ত নির্দিষ্ট আপতন কোণে প্রিজমের উপর পড়িল যাহাতে চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম হইল তখন প্রিজমের ঐ অবস্থানকে **ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থান** (position of minimum deviation) বলে।



চিত্র 3ব

3-14. প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক (Refractive index of the material of a prism) :

আমরা দেখিয়াছি, $\delta = i_1 + i_2 - A$

এবং $A = r_1 + r_2$

যদি কোন রশ্মি কোন প্রিজমের ভিতর দিয়া ন্যূনতম চ্যুতিতে প্রতিসৃত হয়, তবে পরীক্ষা দ্বারা এবং গাণিতিক হিসাবের দ্বারা প্রমাণ করা যায় যে, আপতন কোণ i_1 = নির্গম কোণ i_2—অর্থাৎ, যখন চ্যুতি-কোণ ন্যূনতম

(δ_m) তখন $i_1 = i_2$. আবার ইহা সহজেই বোঝা যায় যে যখন $i_1 = i_2$ তখন $r_1 = r_2$; সুতরাং,

$$A = 2r_1 \text{ এবং } r_1 = \frac{A}{2}$$

$$\text{এবং } \delta_m = 2i_1 - A$$

$$\text{or,} \quad i_1 = \frac{\delta_m + A}{2}$$

এখন AB তলে প্রতিসরণ বিবেচনা করিলে আপতন কোণ $= i_1$ এবং প্রতিসরণ কোণ $= r_1$. যদি প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 'μ' বলা হয় তবে

$$\mu = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

সুতরাং ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ (δ_m) এবং প্রিজমের প্রতিসারক কোণ (A) জানা থাকিলে উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক সহজেই নির্ণয় করা যাইবে।

উদাহরণ ঃ

(1) একটি প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং উক্ত প্রিজমের ভিতর দিয়া কোন রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ 30°. প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

[The refracting angle of a prism is 60° and the angle of minimum deviation of a ray passing through the prism is 30°. What is the R. I. of the material of the prism ?]

উ। এস্থলে $A = 60°$ এবং $\delta_m = 30°$

$$\text{আমরা জানি, } \mu = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$\therefore \mu = \frac{\sin \frac{30+60}{2}}{\sin \frac{60}{2}} = \frac{\sin 45}{\sin 30} = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 2 = \sqrt{2}$$

(2) কোন প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং উহার উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক 1·5. উহার ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কত ? [sin 48° 36′ = 0·75]

[The refracting angle of a prism is 60° and the R. I. of its material is 1·5. What is the angle of minimum deviation ? sin 48° 36′ = 0·75]

উ। এস্থলে A = 60° এবং $\mu = 1{\cdot}5$.

আমরা জানি, $$\mu = \frac{\sin \frac{\delta_m + A}{2}}{\sin \frac{A}{2}}$$

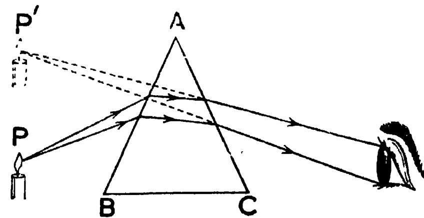
$$1{\cdot}5 = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\sin \frac{60}{2}} = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\sin 30} = \frac{\sin \frac{\delta_m + 60}{2}}{\frac{1}{2}}$$

or, $0{\cdot}75 = \sin \frac{\delta_m + 60}{2}$ or, $\sin 48° \, 36' = \sin \frac{\delta_m + 60}{2}$

$\frac{\delta_m + 60}{2} = 48° \, 36'$ or $\delta_m = 97°12' - 60° = 37°12'$.

* 3-15. প্রিজম কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন (Formation of image by a prism) :

বস্তু হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া কোন মাধ্যম কর্তৃক প্রতিসৃত হইলে সদ্ বা অসদ্ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়, ইহা আমরা জানি। যেহেতু, প্রিজম একটি প্রতিসারক মাধ্যম (refracting medium), সেই হেতু প্রিজম বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন করিতে পারে। • কিন্তু সাধারণভাবে কোন বিন্দু-প্রভব হইতে আলোকরশ্মি নির্গত হইয়া প্রিজম কর্তৃক প্রতিসৃত হইলে ঐ প্রতিসৃত রশ্মিগুলি কোন নির্দিষ্ট বিন্দুতে মিলিত হয় না বা নির্দিষ্ট বিন্দু হইতে অপসৃত (diverge) হইতেছে বলিয়াও মনে হয় না। সুতরাং সাধারণভাবে প্রিজম কোন প্রভবের প্রতিবিম্ব গঠন করিবে না। কিন্তু যদি প্রিজমকে ন্যূনতম চ্যুতি-



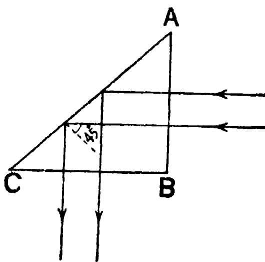
প্রিজম কর্তৃক প্রতিবিম্ব গঠন
চিত্র 3ভ

কোণে স্থাপন করা যায় তবে ব্যাপারটা একটু অন্যরকম হইবে। মনে কর, একটি মোমবাতির শিখার যে কোন বিন্দু P হইতে একগুচ্ছ অপসারী আলোক-রশ্মি ABC প্রিজমের উপর পড়িল। প্রিজমটি ঐ রশ্মিগুচ্ছের মধ্যরশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণে স্থাপিত (চিত্র 3ভ)। এক্ষেত্রে রশ্মিগুলি প্রতিসৃত হইবার পর চোখে এমনভাবে গিয়া পৌঁছাইবে যে মনে হইবে যেন উহারা P′ বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে। অর্থাৎ P′ বিন্দু হইবে P বিন্দুর অসদ্ বিম্ব। এইরূপ হইবার কারণ এই যে প্রিজমটি রশ্মিগুচ্ছের মধ্যরশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণে স্থাপিত বলিয়া প্রতিসৃত হইবার পরও ঐ রশ্মিগুলির পারস্পরিক ব্যবধান প্রায় পূর্বের মত থাকিবে। সুতরাং, প্রিজমটিকে ঐভাবে রাখিলে বস্তুর স্পষ্ট প্রতিবিম্ব দেখা যাইবে।

3-16. প্রিজমের কয়েকটি বিশেষ ব্যবহার (Some specific uses of prism) :

(i) **পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম** (Total reflection prism) :

ABC একটি সমদ্বিবাহু সমকোণী (right-angled isosceles) কাচের প্রিজম। একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি লম্বভাবে AB তলে আপতিত হইলে রশ্মিগুলি সোজা প্রিজমের ভিতর প্রবেশ করিবে এবং AC তলে আপতিত হইবে (চিত্র 3ম)। ঐস্থলে রশ্মির আপতন কোণ 45° ; কিন্তু কাচ ও বায়ুর সংকট কোণ 41°45′. সুতরাং, রশ্মিগুলি কাচ হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিবার সময় সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী কোণে আপতিত হইতেছে। এই অবস্থায় রশ্মিগুলির আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হইবে এবং BC তলে লম্বভাবে আপতিত হইয়া দিক পরিবর্তন না করিয়া বায়ুতে নির্গত হইবে। অতএব দেখা যাইতেছে যে আপতিত সমান্তরাল রশ্মিগুলি মোট 90° ঘুরিয়া পুনরায় সমান্তরালভাবে নির্গত হইতেছে। এই ধরনের প্রিজমকে পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম বলা হয়।



পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম

চিত্র 3ম

পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমের কার্যপ্রণালীর সহিত সমতল দর্পণের কার্যপ্রণালীর অবিকল মিল আছে। কারণ, যদি মনে করা যায় যে ABC প্রিজমের

পরিবর্তে AC একটি সমতল দর্পণ তবে উপরোক্ত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ ঠিক পূর্বের মতনই প্রতিফলিত হইবে। এই কারণে অনেক আলোকীয় যন্ত্রে (optical instruments) রশ্মির প্রতিফলনের জন্য সমতল দর্পণের পরিবর্তে পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজম ব্যবহার করা হয়। কারণ, সমতল দর্পণ অপেক্ষা প্রিজমের কতগুলি সুবিধা আছে। সুবিধাগুলি নিম্নরূপ :

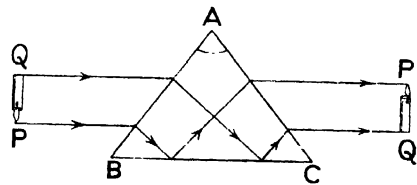
(a) সমতল দর্পণে সম্মুখের এবং পিছনের দুইটি তলে আলোর প্রতিফলন ও প্রতিসরণের দরুন প্রতিবিম্ব খুব উজ্জ্বল হয় না এবং একের অধিক প্রতিবিম্ব গঠিত হইয়া বিভ্রান্তির সৃষ্টি করে। পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমে রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন হয় বলিয়া একটি প্রতিবিম্ব তৈয়ারী হয় এবং উহা খুব উজ্জ্বল হয়।

(b) সমতল দর্পণে পারদের প্রলেপ থাকে। ঐ প্রলেপ নষ্ট হইয়া গেলে প্রতিবিম্ব অস্পষ্ট হয়। পূর্ণ প্রতিফলন প্রিজমে ঐরূপ কোন প্রলেপ না থাকায় প্রতিবিম্ব সর্বদা স্পষ্ট থাকে।

(c) সমতল দর্পণে বিক্ষেপণ (scattering) দ্বারা কিছু আলোক নষ্ট হয়, কিন্তু প্রিজমে উহা হয় না।

(ii) **প্রতিবিম্ব খাড়া করিবার প্রিজম** (Erecting prism) :

এই প্রিজমের সাহায্যে কোন উল্টা প্রতিবিম্বকে খাড়া বা সোজা করা যায়। ইহা আর কিছু নয়—পূর্বোক্ত সমদ্বিবাহু সমকোণী প্রিজম। ABC হইল প্রিজম (চিত্র 3ঘ)। মনে কর QP একটি মোমবাতির উল্টানো প্রতিবিম্ব। উহা হইতে আলোকরশ্মি প্রিজমের অভ্যন্তরে প্রতিসৃত হইয়া BC তলে আপতিত হইলে আপতন কোণ সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী হইবে। ফলে রশ্মির পূর্ণ প্রতিফলন হইবে। রশ্মিগুলি যখন প্রিজম হইতে নির্গত হইবে তখন উহাদের দিক্-বিচ্যুতি হইবে না কিন্তু অবস্থান উল্টাইয়া যাইবে (চিত্র দ্রষ্টব্য)। ফলে, PQ প্রতিবিম্ব খাড়া দেখা যাইবে।



প্রতিবিম্ব খাড়া করিবাব প্রিজম
চিত্র 3ঘ

দূরবীক্ষণ, বাইনোকুলার, পেরিস্কোপ প্রভৃতি নানাপ্রকার আলোকীয় যন্ত্রে উপরোক্ত প্রিজম ব্যবহার করিয়া উল্টানো প্রতিবিম্বকে খাড়া করা হয়।

সারাংশ

কোন স্বচ্ছ সমসত্ত্ব মাধ্যম হইতে আসিয়া আলোকরশ্মি অপর কোন মাধ্যমে তির্যকভাবে আপতিত হইলে দুই মাধ্যমের বিভাগ-তলে রশ্মির গতির অভিমুখ পরিবর্তিত হয়। ইহাকে আলোকের প্রতিসরণ বলে।

প্রতিসরণের সূত্র :

(1) আপতিত রশ্মি, আপতন বিন্দুতে বিভেদ-তলের উপরে অঙ্কিত অভিলম্ব এবং প্রতিসৃত রশ্মি সর্বদা এক সমতলে থাকে।

(2) আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসরণ কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা ধ্রুবক হয়।

হার্টল-এর আলোকচক্র বা পিন দ্বারা উপরোক্ত সূত্রের সত্যতা পরীক্ষা করা যায়।

প্রতিসরাঙ্ক : যদি কোন আলোক রশ্মি 'a' মাধ্যম হইতে আসিয়া 'b' মাধ্যমের উপর i কোণে আপতিত হয় এবং r কোণে 'b' মাধ্যমে প্রতিসৃত হয় তাহা হইলে

$$_a\mu_b = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$_a\mu_b$-কে 'a' মাধ্যমের সাপেক্ষ 'b' মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলে।

সাধারণভাবে কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক বলিলে বুঝিতে হইবে যে, আলো বায়ু হইতে আসিয়া উক্ত মাধ্যমে প্রতিসৃত হইয়াছে।

আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন :

যখন আলোকরশ্মি ঘনতর মাধ্যম হইতে লঘু মাধ্যমে যায় এবং উভয় মাধ্যমের সংকট কোণ অপেক্ষা বেশী কোণে আপতিত হয়, তখন রশ্মির আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন হয়।

মরুঅঞ্চলে বা শীতপ্রধান দেশে দূরের বস্তু সম্বন্ধে যে দৃষ্টিভ্রম হয়, উহা আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলনের প্রাকৃতিক দৃষ্টান্ত। এই দৃষ্টিভ্রমকে মরীচিকা বলে।

প্রিজম একটি ত্রিভুজাকৃতি কাচের ফলক। প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে আলোকরশ্মির পথের চ্যুতি হয় এবং রশ্মি প্রিজমের ভূমির দিকে বাঁকিয়া যায়।

প্রশ্নাবলী

1. আলোকের প্রতিসরণ কাহাকে বলে? নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে কিরূপে আলোকের প্রতিসরণ হয় তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও, (ক) বায়ু হইতে কাচে, (খ) জল হইতে বায়ুতে।

[What is refraction of light? Explain, by suitable diagrams, how refraction of light takes place in the following cases—(a) from air to glass and from water to air.]

2. নিম্নলিখিত প্রশ্নগুলির জবাব দাও :—

(ক) একটি দণ্ডকে আংশিক জলে ডুবাইলে বাঁকা দেখায় কেন ?

(খ) একটি জলপূর্ণ পাত্র একটু অগভীর মনে হয় কেন ?

(গ) সূর্য অস্ত গেলেও কিছুক্ষণ দেখা যায় কেন ?

[Answer the following questions :—

(a) A stick immersed partly in water and viewed obliquely appears to be bent at the surface of water. Why ? [*H. S.* (*comp*) *1962*]

(b) A vessel full of water appears shallower than it is. Why ? [*H. S.* (*comp*) *1960*]

(c) The setting sun can be seen when it is already below the horizon. Why ?]

3. প্রতিসরণের সূত্র কি ? উহাদের সত্যতা পরীক্ষা করিবে কিরূপে ?

[What are the laws of refraction ? How would you verify them experimentally ?] [*Cf. H. S.* (*Comp*) *1960*]

4. প্রতিসরাঙ্ক বলিতে কি বোঝ ? কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·5 বলিলে কি বোঝায় ?

[What do you mean by refractive index ? What does the statement that refractive index of glass is 1·5 mean ?] [*Cf. H. S. Exam. 1962*]

5 একটি কাচফলকের ভিতর দিয়া কোন বস্তুকে সোজাসুজি দেখিলে বস্তুর প্রকৃত অবস্থান ও আপাত অবস্থানের ভিতর সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Obtain a relation between the real and apparent positions of an object when it is viewed normally through a block of glass.]

6. 4 cm উচ্চ একটি কাচফলকের তলায় একটি ছবি আটকানো আছে। ছবিটিকে সোজাসুজি দেখিলে কতটা উঠিয়া আছে বলিয়া মনে হইবে ? কাচের প্রতিসরাঙ্ক = 1·6.

[A picture is stuck at the bottom of a block of glass 4 cm high. How far will it appear to be raised when viewed perpendicularly ? R. I. of glass = 1·6] [Ans. 1·5 cm]

7. 1 ইঞ্চি পুরু একটি কাচের তলায় একটি চিহ্ন আছে। চিহ্নটিকে সোজাসুজি দেখিলে মনে হয় পাতের উপরতল হইতে 0·64 ইঞ্চি তলায়। কাচের প্রতিসরাঙ্ক কত ?

[A dot lies at the bottom of a glass slab 1 inch thick. When the dot is viewed normally, it appears to be 0·64 inch below the upper surface of the block. What is the R. I. of glass ?] [Ans. 1·57]

8. একটি জলপূর্ণ পাত্রের তলায় একটি বস্তু আছে এবং একটি লোক এমনভাবে দাঁড়াইয়া আছে যে ঠিক পাত্রের কিনারা দিয়া বস্তুটিকে দেখিতে পায়। এখন যদি পাত্রের জল সরাইয়া ফেলা হয় তবে সে কি দেখিবে ?

[A substance is placed at the bottom of a basin full of water and a person stands in such a position that he can just see it over the edge of the basin. While he is looking, the water is drawn off. How will this affect his view ?]

9. একটি কাচের চৌবাচ্চায় একটি মাছ আছে। জলের তলের উপর হইতে কোন লোক তাকাইয়া চৌবাচ্চায় দুইটি মাছ দেখিতেছে। ইহা কিরূপে সম্ভব হইতে পারে বুঝাইয়া দাও এবং ইহার একটি নক্শা আঁক।

[A fish swims in a glass tank ; a person whose eyes are above the level of the water seems to see two fish. Draw a diagram to illustrate this and give any explanation you think necessary.]

10. একটি আলোকরশ্মি একটি আয়তাকার কাচের ব্লকের অভ্যন্তরে ঢুকিয়া নীচু তলে আপতিত হইল। উহার আপতন কোণ 30° ; রশ্মির কিছু অংশ নীচুতল কর্তৃক কাচের ভিতর প্রতিফলিত হইল এবং বাকী অংশ বায়ুতে নির্গত হইল। কাচের প্রতিসরাঙ্ক 1·5 হইলে নির্গত রশ্মি ও প্রতিফলিত রশ্মিদ্বয়ের মধ্যে কোণ নির্ণয় কর। (sin 48°40′ = 0·75)

[A ray of light travelling within a rectangular galss block falls on one of the faces of the block at an angle of incidence 30°. Some of the light is reflected internally and the rest emerges into air. Given that the refractive index of glass for the light is 1·5, calculate the angle between the internally reflected ray and the emergent ray. sin 48°40′ = 0·75]

[Ans. 101°20′]

11. একটি সমান্তরাল তল-বিশিষ্ট কাচপ্লেটের মধ্য দিয়া লম্বভাবে একটি বস্তুকে দেখা হইতেছে। প্লেটের বেধ 'd' এবং কাচের প্রতিসরাঙ্ক μ হইলে প্রমাণ কর যে দর্শকের দিকে বস্তুর আপাত সরণ $= \frac{(\mu - 1)d}{\mu}$.

[An object is viewed through a plane parallel plate of glass of refractive index μ and thickness 'd', the line of sight being normal to the plate. Prove that the object is apparently displaced towards the observer through a distance $\frac{(\mu - 1)d}{\mu}$.]

12. আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন ও সংকট কোণ কাহাকে বলে পরিষ্কারভাবে বুঝাইয়া দাও। নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে সংকট কোণ পাওয়া যাইবে কিনা বল :—

(ক) আলোকরশ্মি বায়ু হইতে কাচে যাইতেছে।

(খ) আলোকরশ্মি কাচ হইতে বায়ুতে যাইতেছে।

[Explain clearly what you mean by 'total internal reflection' and 'critical angle'. State whether critical angle is available in the following cases :—

(a) Light travels from air to glass.

(b) Light travels from glass to air.]

13. প্রতিসরাঙ্কের সংজ্ঞা লেখ এবং 'সংকট কোণ' ও 'আভ্যন্তরীণ পূর্ণ প্রতিফলন' ব্যাখ্যা কর। সংকট কোণ ও প্রতিসরাঙ্কের ভিতর সম্পর্ক নির্ণয় কর।

[Define 'refractive index' and explain the terms 'critical angle' and 'total internal reflection'. Find a relation between critical angle and refractive index.] [*H. S. Exam.*, *1960*, *'62*]

14. (a) জলের প্রতিসরাঙ্ক 1·88 হইলে উহার সংকট কোণ কত হইবে ?

(b) বায়ু সাপেক্ষ কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক $\sqrt{2}$ হইলে উহাদের মধ্যে সংকট কোণ কত হইবে ?

[(a) What will be the critical angle of water if its R. I. is 1·88 ?

[Ans. 49°]

(b) If the refractive index of a medium with respect to air be $\sqrt{2}$, what will be their critical angle ?] [Ans. 45°]

15. নিম্নলিখিত প্রশ্নের জবাব লেখ :—

(ক) ভুসাকালি মাখা ধাতব বল জলে ডুবাইলে চকচকে দেখায় কেন ?

(খ) কাচের জানালায় ফাটল থাকিলে উহা চকচকে দেখায় কেন ?

(গ) একটি খালি কাচের নল জলপূর্ণ পাত্রে তির্যকভাবে রাখিলে নিমজ্জিত অংশ চকচকে দেখায় কেন ?

[Answer the following questions :—

(a) A smoked ball introduced in a beaker of water appears silvery white. Why ? [*H. S. (Comp.) 1960*]

(b) A crack in a glass pane when viewed from a suitable direction appears shining. Why ?

(c) An empty test tube introduced in a beaker of water in a slanting position appears shining when looked from above. Why ?]

16. মরীচিকা কাহাকে বলে ? নক্সার সাহায্যে মরীচিকা কিভাবে সৃষ্ট হয় ব্যাখ্যা কর।

[What is a mirage ? Explain by diagrams, how it is formed.]

17. (প্রিজম কাহাকে বলে ? প্রিজমের কয়েকটি বিশেষ ব্যবহার উল্লেখ কর।) 60° প্রতিসারক কোণ-বিশিষ্ট একটি প্রিজমের কোন তলে একটি আলোকরশ্মি লম্বভাবে আপতিত হইলে রশ্মিটির গতিপথ আঁকিয়া দেখাও। ধর, কাচের সংকট কোণ 42° এবং প্রিজমের দুইটি তল আছে।

[What is a prism ? Explain some specific uses of prisms. Trace the path of a ray falling normally on a 60° prism of glass—the critical angle for glass being 42°. Consider any two faces of a prism.]

[*cf. H. S. Exam. 1960*]

18. একটি স্থির জলাশয়ের h গভীরতায় একটি মাছ আছে। প্রমাণ কর যে মাছের চোখে জলতল একটি গোল ছিদ্রযুক্ত আয়নার ন্যায় প্রতিভাত হইবে এবং ঐ ছিদ্রের ব্যাসার্ধ হইবে $h/\sqrt{\mu^2-1}$. জলের প্রতিসরাঙ্ক $=\mu$.

[A fish is at a depth of 'h' in a still pond. Prove that the free surface of the pond will appear to the eye of the fish like a plane mirror with a circular hole and that the radius of the hole is $h/\sqrt{\mu^2-1}$. The R. I. of water $=\mu$]

19. একটি মোমবাতিকে একটি প্রিজম ও একটি সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলকের মধ্য দিয়া দেখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান কিরূপ হইবে ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও।

[A candle flame is viewed through (a) a prism (b) a parallel sided glass slab. Explain, with the aid of neat diagrams, the apparent positions of the candle as seen by the eye]

20. ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ কাহাকে বলে? প্রতিসারক কোণ ও ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ দ্বারা প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক নির্ণয়ের সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।

[What is the angle of minimum deviation? Establish the equation of the R. I. of the material of a prism in terms of the refracting angle and the angle of minimum deviation.]

21. একটি প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 60° এবং আলোকরশ্মি ঐ প্রিজমের ভিতর যে ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ উৎপন্ন করে তাহা 40°. প্রিজমের উপাদানের প্রতিসরাঙ্ক কত?

(Sin 50° = 0·766)

[The angle of a prism is 60° and the angle of minimum deviation of a ray through the prism is 40°. What is the R. I. of the material of the prism? Sin 50° = 0·766.] [Ans. 1·53]

22. একটি কাচের প্রিজমের প্রতিসারক কোণ 90° এবং অন্য দুইটি কোণ 45°, কোন আলোকরশ্মি প্রিজমের কোন প্রতিসারক তলে লম্বভাবে আপতিত হইলে, কিভাবে প্রতিসৃত হইবে তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাও। ঐ ক্ষেত্রে চ্যুতি কত হইবে? উহার ব্যাখ্যা কর।

[A glass prism has a refracting angle of 90°, the other angles being 45°. Draw accurately the path of a ray incident normally on one of the refracting faces. What is the deviation produced? Explain the phenomenon involved] [*H. S. (Comp) 1961*]

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

লেন্স ও উহার কার্যপ্রণালী

[Lenses and their actions]

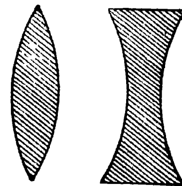
4-1. **সূচনা** ঃ

বহু পূর্বকাল হইতে লেন্সের ব্যবহারের প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে। সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে এক বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত করিবার যে ক্ষমতা লেন্সের আছে তাহা বহু পূর্ব হইতেই জানা ছিল এবং লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া বহুশত বৎসর পূর্বে "Burning glass" বা আতশী কাচের উদ্ভাবন হইয়াছিল। 1857 খৃষ্টাব্দে লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া একটি কাচের গোলক নির্মিত হইয়াছিল। এই গোলক দ্বারা সূর্যরশ্মিকে কেন্দ্রীভূত করিয়া ঘণ্টা ও মিনিট চিহ্নিত একখানি কাগজ দগ্ধ করিয়া সময় নির্দেশ করিবার ব্যবস্থা করা হইয়াছিল। আধুনিক কালে চশমা, ক্যামেরা, অণুবীক্ষণ, দূরবীক্ষণ প্রভৃতি নানারকম প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতিতে লেন্সের বহুল ব্যবহার দেখিতে পাওয়া যায়।

4-2. **লেন্সের সংজ্ঞা** (Definition of lenses) ঃ

কোন স্বচ্ছ প্রতিসারক (refracting) মাধ্যমকে যদি দুইটি গোলীয় (spherical) অথবা একটি গোলীয় ও একটি সমতল তল দ্বারা সীমাবদ্ধ করা যায়, তবে সেই মাধ্যমকে **লেন্স** বলা হয়।

যে-লেন্সের মধ্যস্থল মোটা এবং প্রান্তের দিকটা সরু তাহাকে **উত্তল** (Convex) বা **অভিসারী** (Converging) **লেন্স** বলে [4ক (i) নং চিত্র]। যে-লেন্সের মধ্যস্থল সরু এবং প্রান্তের দিকটা মোটা তাহাকে **অবতল** (Concave) বা **অপসারী** (Diverging) **লেন্স** বলে [4ক (ii) নং চিত্র]।



(i) (ii)

উত্তল ও অবতল লেন্স

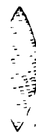
চিত্র 4ক

4-3. বিভিন্ন প্রকারের লেন্স (Different types of lenses) :

লেন্সের দুই তলের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া বিভিন্ন প্রকার লেন্স তৈয়ারী করা যাইতে পারে। যথা :—

(1) **উভোত্তল** (Double or bi-convex) : যে লেন্সের উভয়তল উত্তল তাহাকে উভোত্তল লেন্স বলে [4খ (i) নং চিত্র]।

(2) **সমোত্তল** (Plano-convex) : যে লেন্সের একটি তল সমতল ও অপরটি উত্তল তাহাকে সমোত্তল লেন্স বলে [4খ (ii) নং চিত্র]।





) (ii) (iii)

বিভিন্ন প্রকাবের উত্তল লেন্স

চিত্র 4খ

(3) **অবতলোত্তল** (Concavo-convex) : যে উত্তল লেন্সের একদিক অবতল ও অন্যদিক উত্তল তাহাই অবতলোত্তল লেন্স [4খ (iii) নং চিত্র]।

(4) **উভাবতল** (Double or bi-concave) : ইহার উভয়দিক অবতল [4গ (i) নং চিত্র]।

(5) **সমাবতল** (Plano-concave) : এই লেন্সের একদিক সমতল এবং অপরদিক অবতল [4গ (ii) নং চিত্র]।



i) (ii) (iii)

বিভিন্ন প্রকারের অবতল লেন্স

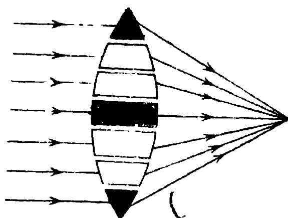
চিত্র 4গ

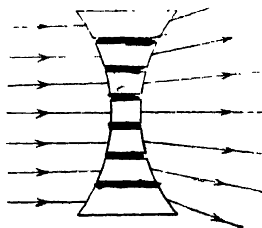
(6) **উত্তলাবতল** (Convexo-concave) : যে অবতল লেন্সের একদিক ত্তল ও অন্যদিক অবতল তাহাই উত্তলাবতল লেন্স [4গ (iii) নং চিত্র]।

4-4. উত্তল লেন্সকে অভিসারী ও অবতল লেন্সকে অপসারী লা হয় কেন ?

একটি উত্তল লেন্সকে 4ঘ (a) নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে তেমনি ছোট ছোট প্রিজমের সমষ্টি বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। এই প্রিজমগুলির ভূমি লেন্সের কেন্দ্রের দিকে অভিমুখী। আমরা জানি, আলোকরশ্মি প্রিজমের ভিতর দিয়া গেলে প্রিজমের ভূমির দিকে বাঁকিয়া যায়। সুতরাং যদি একগুচ্ছ

সমান্তরাল রশ্মি লেন্সের উপর আপতিত হয় তবে ছোট ছোট প্রিজম দ্বারা বিচ্যুত হইয়া রশ্মিগুলি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত হইবে অর্থাৎ রশ্মিগুলি অভিসারী হইবে [চিত্র 4ঘ (a) দ্রষ্টব্য]। এইজন্য উত্তল লেন্সকে অভিসারী লেন্স বলা হয়।





(a) (b)

সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ উত্তল লেন্স দ্বারা অভিসারী এবং অবতল লেন্স দ্বারা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয়

চিত্র 4ঘ

ঠিক একইভাবে অবতল লেন্সকে ছোট ছোট প্রিজমে ভাগ করিলে প্রিজম-গুলির ভূমি লেন্সের প্রান্তের দিকে অভিমুখী হইবে। সুতরাং, এক্ষেত্রে রশ্মি-গুলির চ্যুতি বিপরীত হইবে [চিত্র 4ঘ (b)]। ফলে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর মনে হইবে যেন একটি বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে অর্থাৎ উহা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইবে। এই কারণে অবতল লেন্সকে অপসারী লেন্স বলা হয়।

4-5. লেন্স সংক্রান্ত কয়েকটি প্রয়োজনীয় সংজ্ঞা :

a. (i) **বক্রতা-কেন্দ্র** (Centre of curvature) :

লেন্সের উভয়তলই যদি গোলীয় হয় তবে উহারা প্রত্যেকে একটি নির্দিষ্ট গোলকের (sphere) অংশ হইবে। ঐ গোলকের কেন্দ্রকে ঐ তলের বক্রতা-কেন্দ্র বলা হয়। যেমন, LN লেন্সের উভয়তলই গোলীয় (চিত্র 4ঙ)। LMN যে গোলকের অংশ (কাটা লাইন দিয়া দেখানো হইয়াছে) উহার কেন্দ্র C_1. সুতরাং LMN তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইবে C_1 বিন্দু। ঐরূপ LPN তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইল C_2 বিন্দু।

যদি লেন্সের কোন একটি তল গোলীয় না হইয়া সমতল হয় তবে উহার বক্রতা-কেন্দ্র অসীমে (infinity) অবস্থিত হইবে।

(ii) **বক্রতা-ব্যাসার্ধ** (Radius of curvature) ঃ

লেন্সের কোন তল যে গোলকের অংশ হইবে ঐ গোলকের ব্যাসার্ধকে ঐ তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ বলা হয়। LMN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ C_1M এবং LPN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ হইবে C_2P (চিত্র 4ঙ)।

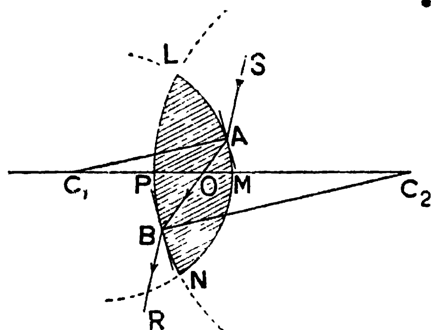
(iii) **প্রধান অক্ষ** (Principal axis) :

যদি লেন্সের দুইতল গোলীয় হয় তবে উক্ত তলদ্বয়ের বক্রতা-কেন্দ্র দুইটিকে সংযুক্ত করিলে যে সরলরেখা পাওয়া যায় উহাকে লেন্সের প্রধান অক্ষ বলে। 4ঙ নং চিত্রে C_1 এবং C_2 দুইতলের দুইটি বক্রতা-কেন্দ্র। সুতরাং C_1PMC_2 রেখা LN লেন্সের প্রধান অক্ষ (চিত্র 4ঙ)।

যদি লেন্সের একটি তল গোলীয় এবং অপরটি সমতল হয় তবে গোলীয় তলের বক্রতা-কেন্দ্র হইতে সমতল তলের উপর লম্ব টানিলে উহাই ঐ লেন্সের প্রধান অক্ষ হইবে।

(iv) **আলোক-কেন্দ্র** (Optical centre) :

যদি কোন আলোক-রশ্মি লেন্সের যে-কোন তলে এমন ভাবে আপতিত হয় যে লেন্সের ভিতর দিয়া গিয়া দ্বিতীয় তল হইতে নির্গত হইবার সময় উহা আপতিত রশ্মির সমান্তরালভাবে নির্গত হয় তবে লেন্সের ভিতর ঐ রশ্মির গতিপথ প্রধান অক্ষকে যে-বিন্দুতে ছেদ করে সেই বিন্দুকে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র বলে।



O বিন্দু লেন্সের আলোক-কেন্দ্র
চিত্র 4ঙ

4ঙ নং চিত্রে SA একটি আলোকরশ্মি LMN তলে A বিন্দুতে আপতিত হইয়া লেন্সের ভিতরে AB পথে গমন করিল এবং BR পথে দ্বিতীয় তল হইতে SA অভিমুখের সমান্তরালভাবে নির্গত হইল। এক্ষেত্রে AB এবং প্রধান অক্ষ C_1C_2-এই রেখাদ্বয়ের ছেদ-বিন্দু O হইবে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র।

এখানে একটি বিষয় উল্লেখযোগ্য এই যে আপতিত রশ্মি SA এবং নির্গম (emergent) রশ্মি BR পরস্পরের সমান্তরাল বটে কিন্তু উহারা পরস্পর হইতে খানিকটা পাশে সরিয়া যায়—এক লাইনে থাকে না। এই পার্শ্ব-সরণ (lateral displacement) লেন্স মোটা হইলে বাড়িয়া যায় এবং লেন্স সরু হইলে কমিয়া যায়। খুব সরু লেন্সের বেলাতে এই পার্শ্ব-সরণ এতই নগণ্য যে SA, AB এবং BR একই সরলরেখা বলিয়া ধরা যাইতে পারে। এই কারণে সরু লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের নিম্নলিখিত সংজ্ঞা দেওয়া যাইতে পারে :—

সরু লেন্সের বেলাতে আলোক-কেন্দ্র ইহার প্রধান অক্ষের উপর অবস্থিত এমন এক বিন্দু যে উহার ভিতর দিয়া কোন আলোকরশ্মি গেলে উহার কোন চ্যুতি বা সরণ হয় না—উহা সোজা পথে লেন্সের ভিতর দিয়া চলিয়া যায়।

[**দ্রষ্টব্য :** যদি লেন্সের উভয়তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ সমান হয় তবে আলোক-কেন্দ্র উভয়তল হইতে সমদূরবর্তী হইবে। যদি বক্রতা-ব্যাসার্ধ সমান না হয় অথবা কোন তল সমতল হয় তবে আলোক-কেন্দ্র উভয়তল হইতে সমদূরবর্তী হইবে না।]

আলোক-কেন্দ্র একটি স্থির বিন্দু (Optical centre is a fixed point) :

যে কোন লেন্সের আলোক-কেন্দ্র লেন্সের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া একটি নির্দিষ্ট স্থানে অবস্থিত হইবে—অর্থাৎ ইহা একটি স্থির বিন্দু। নিম্নলিখিত উপায়ে ইহা প্রমাণ করা যায় :—

4৬ নং চিত্রে A ও B বিন্দুতে উভয় পৃষ্ঠে একটি করিয়া স্পর্শক-তল (tangent plane) টান। ঐ তলদ্বয় পরস্পরের সমান্তরাল হইবে ; কারণ আমরা জানি সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলক দ্বারা রশ্মি প্রতিসৃত হইলে আপতিত রশ্মি ও নির্গম রশ্মি সমান্তরাল হয়। এক্ষেত্রে আপতিত রশ্মি SA এবং নির্গমরশ্মি BR সমান্তরাল হওয়ায় লেন্সের ঐ অংশকে সমান্তরাল তলবিশিষ্ট কাচফলক বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। কাজেই A এবং B বিন্দুতে স্পর্শক-তলদ্বয় পরস্পরের সমান্তরাল হইবে। C_1A এবং C_2B সরলরেখাদ্বয় টান। C_1A হইল LMN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ এবং A বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক-তলের লম্ব। অনুরূপভাবে, C_2B হইল LPN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ এবং B বিন্দুতে অঙ্কিত স্পর্শক-তলের লম্ব। সুতরাং C_1A এবং C_2B

পরস্পরের সমান্তরাল। এই সকল কারণের জন্য C_1AO এবং C_2BO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ (similar)।

কাজেই, $\frac{OC_1}{OC_2}=\frac{C_1A}{C_2B}=\frac{C_1M}{C_2P}$ [$C_1A=C_1M$ কারণ একই গোলকের ব্যাসার্ধ]

$\therefore\ \frac{C_1M-OC_1}{C_2P-OC_2}=\frac{C_1M}{C_2P}$ [$C_2B=C_2P$ " " " "]

অথবা, $\frac{OM}{OP}=\frac{C_1M}{C_2P}$

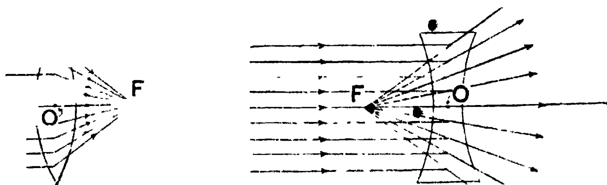
যদি LMN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ r_1 এবং LPN তলের বক্রতা-ব্যাসার্ধ r_2 হয় তবে $C_1M=r_1$ এবং $C_2P=r_2$; সেক্ষেত্রে,

$$\frac{OM}{OP}=\frac{r_1}{r_2}$$

অর্থাৎ, আলোক-কেন্দ্র O-বিন্দু PM সরলরেখাকে এমন দুই অংশে ভাগ করিতেছে যাহাদের অনুপাত r_1 এবং r_2-এর অনুপাতের সমান। কিন্তু বক্রতা-ব্যাসার্ধ দুইটি ধ্রুবক ; কাজেই O বিন্দুর অবস্থানও ধ্রুবক—অর্থাৎ ইহা একটি স্থির বিন্দু।

(v) মুখ্য ফোকাস্ (Principal focus) :

আমরা দেখিয়াছি যে কোন সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরাল আসিয়া লেন্সের উপর আপতিত হইলে প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুচ্ছ



(a) (b)

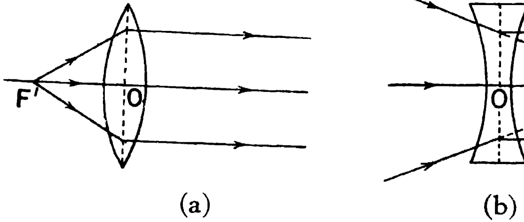
উত্তল এবং অবতল লেন্সের মুখ্য ফোকাস

চিত্র 4চ

অভিসারী অথবা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয়। অভিসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইলে (উত্তল লেন্সের বেলাতে) উহারা অক্ষের উপর অবস্থিত কোন এক বিন্দুতে সত্য সত্য মিলিত হয় এবং অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইলে (অবতল লেন্সের বেলাতে) অক্ষের উপর অবস্থিত কোন এক বিন্দু হইতে

অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয় [চিত্র 4চ (a) এবং (b)]। উক্ত বিন্দুকে উক্ত লেন্সের মুখ্য ফোকাস বলা হয়। 4চ চিত্রে F বিন্দু লেন্সের মুখ্য ফোকাস।

এখানে উল্লেখযোগ্য যে লেন্সের দুইটি মুখ্য ফোকাস থাকে। উপরে যে মুখ্য ফোকাসের কথা বলা হইল উহাকে **দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস** (second principal focus) বলা হয়। ইহা ছাড়া আর একটি মুখ্য ফোকাস আছে—ইহাকে **প্রথম মুখ্য ফোকাস** (first principal focus) বলে। নিম্নে ইহার ব্যাখ্যা করা হইল।



(a) (b)

উত্তল ও অবতল লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাস

চিত্র 4ছ

মনে কর, একটি উত্তল-লেন্সের প্রধান অক্ষের উপর F´ এমনই একটি বিন্দু যে উহা হইতে একগুচ্ছ রশ্মি অপসৃত হইয়া লেন্সের উপর আপতিত হইল এবং প্রতিসরণের পর রশ্মিগুচ্ছ প্রধান-অক্ষের সমান্তরালভাবে নির্গত হইল [চিত্র 4ছ (a)]। এক্ষেত্রে F´ বিন্দুকে উত্তল লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাস বলা হইবে।

তেমনি, যদি একগুচ্ছ অভিসারী রশ্মিকে এমনভাবে একটি অবতল লেন্সের দিকে পাঠানো হয় যে লেন্সের অবর্তমানে উহারা লেন্সের প্রধান অক্ষস্থিত একটি বিন্দু F´-এ মিলিত হইত কিন্তু লেন্স কর্তৃক প্রতিসরণের ফলে উহারা প্রধান অক্ষের সমান্তরালভাবে নির্গত হইল, তাহা হইলে F´ বিন্দুকে অবতল লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাস বলিয়া গণ্য করা হইবে [চিত্র 4ছ (b)]।

সুতরাং লেন্সের প্রথম মুখ্য ফোকাসের সংজ্ঞা হিসাবে বলা যাইতে পারে যে ইহা লেন্সের প্রধান অক্ষস্থিত এমনই একটি বিন্দু যে উহা হইতে একগুচ্ছ অপসারী রশ্মি নির্গত হইয়া (উত্তল লেন্সের বেলাতে) অথবা একগুচ্ছ অভিসারী রশ্মি উহার দিকে অগ্রসর হইয়া (অবতল লেন্সের বেলাতে) লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর লেন্সের প্রধান অক্ষের সমান্তরালভাবে নির্গত হয়।

[**দ্রষ্টব্য ঃ** লেন্সের দুইটি মুখ্য ফোকাস থাকিলেও প্রতিবিম্ব গঠন সম্পর্কে দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাস কার্যকর হয়। এই কারণে সাধারণভাবে লেন্সের ফোকাস বা মুখ্য ফোকাস বলিতে দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসকেই বুঝায়।]

(vi) **ফোকাস-দূরত্ব** (Focal length) :

লেন্সের আলোককেন্দ্র O হইতে প্রধান অক্ষ বরাবর যে-কোন মুখ্য ফোকাস F অথবা F′ পর্যন্ত দূরত্বকে ফোকাস-দূরত্ব বলে।

তবে, **মনে রাখিতে হইবে** যে লেন্সের উভয় পার্শ্বের মাধ্যম এক না হইলে O বিন্দু হইতে F এবং F′-এর দূরত্ব সমান হইবে না। সেক্ষেত্রে প্রথম মুখ্য ফোকাসের দূরত্বকে প্রথম ফোকাস-দূরত্ব (first focal length) এবং দ্বিতীয় মুখ্য ফোকাসের দূরত্বকে দ্বিতীয় ফোকাস-দূরত্ব (second focal length) বলা হইবে।

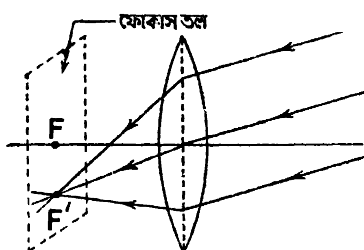
প্রসঙ্গত উল্লেখ করা যাইতে পারে যে উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব সদ্ কিন্তু অবতল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব অসদ্।

(vii) **ফোকাস-তল** (Focal plane) :

কোন লেন্সের মুখ্য ফোকাসের ভিতর দিয়া এবং প্রধান অক্ষের সহিত লম্বভাবে একটি তল (plane) কল্পনা করিলে উহাকে লেন্সের ফোকাস-তল বলা হয়।

(viii) **গৌণ ফোকাস** (Secondary focus) :

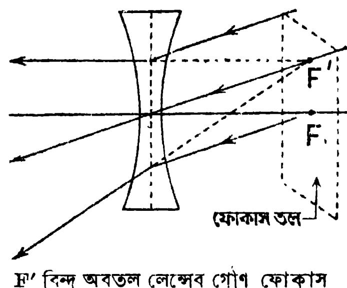
যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি উত্তল লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত সামান্য কোণ করিয়া লেন্সের উপর আপতিত হয় তবে প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুচ্ছ অভিসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় এবং ফোকাস-তলে কোন এক বিন্দুতে সত্য সত্য মিলিত হয়। 4জ (a) নং চিত্রে F উত্তল লেন্সের মুখ্য-ফোকাস এবং কাটা লাইন দিয়া ফোকাস-তল দেখানো হইয়াছে। প্রধান অক্ষের সহিত আনত সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রতিসরণের পর F′ বিন্দুতে মিলিত হইয়াছে। F′ উত্তল লেন্সের গৌণ ফোকাস



F′ বিন্দু উত্তল লেন্সের গৌণ ফোকাস

চিত্র 4জ (a)

তেমনি এক গুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি একটি অবতল লেন্সের প্রধান অক্ষের সহিত সামান্য কোণ করিয়া লেন্সের উপর আপতিত হইলে প্রতিসরণের ফলে রশ্মিগুলি অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হয় এবং ফোকাস-তলে কোন এক বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়। 4জ (b) নং চিত্রে F অবতল লেন্সের মুখ্য ফোকাস এবং কাটা লাইন দিয়া ফোকাস-তল দেখানো হইয়াছে। সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ প্রতিসরণের পর F′ বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়। F′ অবতল লেন্সের গৌণ ফোকাস।



F′ বিন্দু অবতল লেন্সের গৌণ ফোকাস

চিত্র 4জ (b)

মনে রাখিতে হইবে যে লেন্সের (উত্তল অথবা অবতল) মুখ্য ফোকাস স্থির বিন্দু—কিন্তু গৌণ ফোকাস স্থির বিন্দু নয়।

(ix) **উন্মেষ** (Aperture):

লেন্সের আকার গোল। তাই সাধারণভাবে লেন্সের ব্যাসকে উহার উন্মেষের পরিমাপ বলিয়া ধরা হয়।

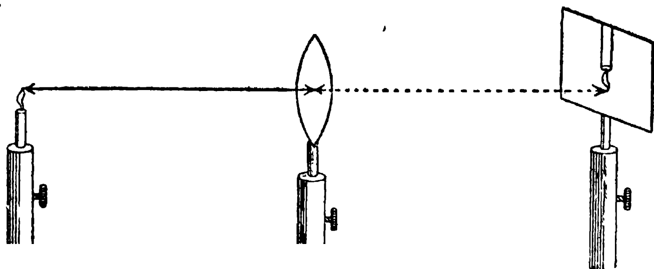
এই পুস্তকে যে লেন্স সম্বন্ধে আলোচনা করা হইবে উহার উন্মেষ ছোট—অর্থাৎ আকারে উহা ছোট এবং উহা খুব সরু বলিয়া ধরা হইবে।

4-6. লেন্স কর্তৃক বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন (Formation of image of an object by lenses):

আমরা জানি যে কোন বস্তু হইতে নির্গত আলোক-রশ্মি যদি প্রতিসৃত হয়, তবে ঐ প্রতিসৃত রশ্মি বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করে। প্রতিসৃত রশ্মিগুলি যদি কোন বিন্দুতে সত্য সত্য মিলিত হয় তবে ঐ বিন্দু হইবে বস্তুবিন্দুর **সদ্ প্রতিবিম্ব** এবং যদি কোন বিন্দু হইতে অপসৃত হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তবে ঐ বিন্দু হইবে বস্তুবিন্দুর **অসদ্ প্রতিবিম্ব**। যেহেতু, লেন্স একটি প্রতিসারক (refracting) মাধ্যম, অতএব লেন্স উপরোক্ত পদ্ধতিতে বস্তুর প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতে সক্ষম। প্রকৃতপক্ষে লেন্স দ্বারা আমরা বস্তুর সদ্ ও অসদ্ বিম্ব তৈয়ারী করিতে পারি।

পরীক্ষা :

একটি মোমবাতির শিখা ও একটি দণ্ডে আবদ্ধ কাগজের পর্দা পরস্পর হইতে খানিকটা দূরে রাখো। এইবার অপর একটি দণ্ডে একটি উত্তল লেন্স আটকাও



উত্তল লেন্স শিখার প্রতিবিম্ব সৃষ্টি করিতেছে
চিত্র 4ঝ

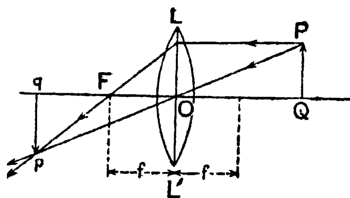
এবং পর্দা ও শিখার মাঝখানে বসাও। এইবার লেন্সটিকে একটু অগ্র-পশ্চাৎ সরাও। দেখিবে লেন্সটিকে একটি বিশেষ জায়গায় রাখিলে কাগজের পর্দার উপর শিখার একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পড়িবে (4ঝ নং চিত্র)।

4-7. জ্যামিতিক উপায়ে প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণয় (Determination of the position of image by geometrical construction).

(1) **উত্তল লেন্স** (Convex lens) :

LOL′ একটি সরু ও ছোট উত্তল লেন্স। PQ হইল লেন্সের অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু। ইহার প্রতিবিম্ব জ্যামিতিক উপায়ে নির্ণয় করিতে হইবে [4ঞ (a) নং চিত্র]।

PQ বস্তুকে অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বস্তুবিন্দুর সমষ্টি বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। ধর, P ঐরূপ একটি প্রান্ত বস্তুবিন্দু। P বিন্দু হইতে আলোকরশ্মি চতুর্দিকে নির্গত হইবে। মনে কর, একটি রশ্মি PL লেন্সের অক্ষের সমান্তরালভাবে গিয়া লেন্সের উপর আপতিত হইল। এই রশ্মি লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর লেন্সের ফোকাস F বিন্দুর ভিতর দিয়া যাইবে (ফোকাসের সংজ্ঞা দ্রষ্টব্য)। আর



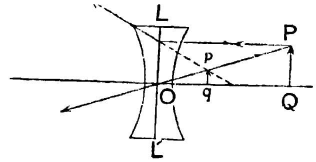
উত্তল লেন্স কর্তৃক সদ্ প্রতিবিম্ব গঠন
চিত্র 4ঞ (a)

একটি রশ্মি PO লেন্সের আলোককেন্দ্র O বিন্দুর মধ্য দিয়া গেলে প্রতিসৃত না

হইয়া সোজাসুজি বাহির হইয়া আসিবে কারণ সরু লেন্সের আলোক কেন্দ্রের ধর্মই হইল ঐরূপ। এই দুইটি প্রতিসৃত রশ্মি সত্য সত্য p বিন্দুতে মিলিত হওয়ায় p-বিন্দু P-বিন্দুর সদ্‌বিম্ব। p বিন্দু হইতে লেন্সের অক্ষের উপর pq লম্ব টানিলে সমগ্র বস্তু PQ-র সদ্ প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণীত হইবে।

(2) **অবতল লেন্স** (Concave lens) :

পূর্বের মত একটি রশ্মি PL অক্ষের সমান্তরালভাবে গিয়া লেন্সের উপর পড়িলে এমনভাবে প্রতিসৃত হইবে যে মনে হইবে ফোকাস্ বিন্দু হইতে আসিতেছে (অবতল লেন্সের ফোকাসের সংজ্ঞা দ্রষ্টব্য)। সুতরাং, ঐ প্রতিসৃত রশ্মিকে পশ্চাৎ দিকে বর্ধিত করিলে ফোকাস বিন্দু অতিক্রম করিবে [4ঞ (b) নং চিত্র]। অপর একটি রশ্মি PO লেন্সের আলোককেন্দ্র O বিন্দু দিয়া গেলে সোজাসুজি নির্গত হইবে। এই দুইটি প্রতিসৃত রশ্মি কখনও এক বিন্দুতে মিলিত হইবে না, কিন্তু পশ্চাদ্দিকে বর্ধিত করিলে মনে হইবে, ইহারা p বিন্দু দিয়া আসিতেছে। সুতরাং p বিন্দু P বিন্দুর অসদ্‌বিম্ব। p বিন্দু দিয়া অক্ষের উপর pq লম্ব টানিলে সমগ্র বস্তু PQ-র অসদ্ প্রতিবিম্বের অবস্থান নির্ণীত হইবে।



অবতল লেন্স কর্তৃক অসদ্ প্রতিবিম্ব গঠন

চিত্র 4ঞ (b)

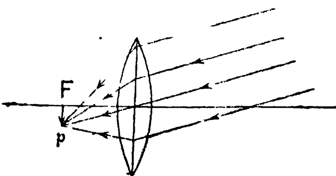
4-8. বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিবিম্বের গঠন (Formation of different images due to different object distances)

বস্তু-দূরত্ব বিভিন্ন হইলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি বিভিন্ন হয়। বস্তুকে বহুদূর হইতে লেন্সের খুব কাছে আনিলে প্রতিবিম্বের কিরূপ পরিবর্তন হয় জ্যামিতিক উপায়ে নিম্নে তাহার আলোচনা করা হইল।

(ক) **উত্তল লেন্স** :

(1) **বস্তু অসীমে অবস্থিত** (Object at infinity) :

বস্তু অসীমে অবস্থিত হইলে তাহা হইতে যে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হয় তাহারা পরস্পর সমান্তরাল ধরিয়া লওয়া যাইতে পারে। এই সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ লেন্সের অক্ষের সহিত সামান্য আনত (inclined) হইয়া লেন্সে আপতিত হইলে প্রতিসরণের পর ফোকাস-তলে (focal plane) অবস্থিত কোন বিন্দু p-তে মিলিত হইবে (গৌণ



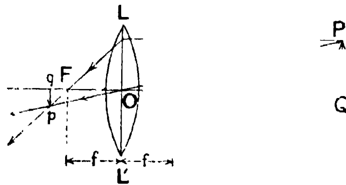
বস্তু অসীমে থাকিলে প্রতিবিম্ব ফোকাস তলে গঠিত হয়

চিত্র 4ট (i)

ফোকাসের সংজ্ঞা দ্রষ্টব্য)। সুতরাং প্রতিবিম্ব লেন্সের ফোকাস্-তলে অবস্থিত হইবে [4ট (i) নং চিত্র]। এই প্রতিবিম্ব সদ্, উল্টা ও খুব ছোট হইবে। উত্তল লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য (objective) তৈয়ারী হয়।

(2) **বস্তু লেন্স হইতে 2*f* এর বেশী দূরে অবস্থিত ঃ**

PQ একটি বস্তু [4ট (ii) নং চিত্র]। P বিন্দু হইতে PL ও PO রশ্মি নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর *p* বিন্দুতে মিলিত হয়। *p* বিন্দু হইতে অক্ষের উপর *pq* লম্ব টানিলে PQ বস্তুর প্রতিবিম্ব মিলিবে।



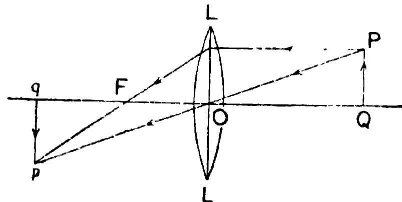
বস্তু 2*f*-এর বেশী দূরে ; প্রতিবিম্ব 2*f* এবং *f*-এর মধ্যে

চিত্র 4ট (ii)

চিত্র হইতে বোঝা যায় যে এই প্রতিবিম্ব *f* এবং 2*f* এর মাঝে অবস্থিত ইহা সদ্, উল্টা এবং বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্র। উত্তল লেন্সের এই ধর্মকে ক্যামেরায় কার্যকর করা হয়।

(3) **বস্তু লেন্স হইতে 2*f* দূরে অবস্থিত ঃ**

4ট (iii) নং চিত্র হইতে বোঝা যায় যে প্রতিবিম্বও লেন্স হইতে 2*f* দূরে । এই প্রতিবিম্ব সদ্, উল্টা কিন্তু বস্তুর আকারের সমান। এইরূপ



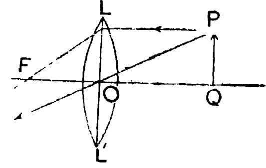
বস্তু-দূরত্ব 2*f* ; প্রতিবিম্ব-দূরত্ব 2*f*

চিত্র 4ট (iii)

লেন্স ভৌম দূরবীক্ষণ (terrestrial telescope) যন্ত্রে উল্টা প্রতিবিম্বকে খাড়া করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(4) **বস্তু লেন্স হইতে f এবং $2f$ এর মাঝে অবস্থিত ঃ**

PQ একটি বস্তু [4ট (iv) নং চিত্র]। বস্তুর প্রতিবিম্ব জ্যামিতিক পদ্ধতিতে নির্ণয় করিলে দেখা যাইবে যে, প্রতিবিম্ব $2f$ হইতে দূরে অবস্থিত। এই প্রতিবিম্ব সদ্, উল্টা কিন্তু বস্তু অপেক্ষা আকারে বড়। লেন্সের এই ধর্মকে অবলম্বন করিয়া ম্যাজিক লণ্ঠন, অণুবীক্ষণ যন্ত্রের অভিলক্ষ্য প্রভৃতি যন্ত্র তৈয়ারী করা হয়।

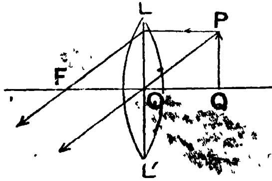


বস্তু f এবং $2f$-এর মধ্যে ; প্রতিবিম্ব $2f$-এর বেশী দূরে

চিত্র 4ট (iv)

(5) **বস্তু ফোকাসে অবস্থিত ঃ**

4ট (v) নং চিত্রে PQ একটি বস্তু লেন্সের ফোকাসে অবস্থিত। এই অবস্থায় বস্তু হইতে নির্গত আলোকরশ্মি লেন্স কর্তৃক প্রতিস্থত হইয়া সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইবে এবং অসীমে প্রতিবিম্ব গঠন করিবে। এই প্রতিবিম্ব অতিশয় বর্ধিত। যে সমস্ত যন্ত্রে সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ তৈয়ারী করিতে হয়, যেমন—বর্ণালীবীক্ষণ যন্ত্র (spectrometer) সেখানে উত্তল লেন্সকে এইভাবে ব্যবহার করা হয়।

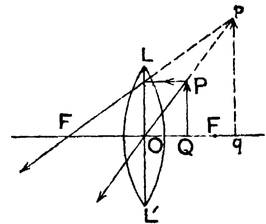


বস্তু ফোকাসতলে ; প্রতিবিম্ব অসীমে

চিত্র 4ট (v)

(6) **বস্তু f ও লেন্সের মধ্যে অবস্থিত ঃ**

4ট (vi) নং চিত্রে PQ বস্তু লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের ভিতরে অবস্থিত। এস্থলে P বিন্দু হইতে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিস্থত হইবার পর কোথাও সত্য সত্য মিলিত হয় না। কিন্তু পশ্চাৎ দিকে বর্ধিত করিলে মনে হয় p বিন্দু হইতে আসিতেছে। সুতরাং p বিন্দু হইবে P বিন্দুর অসদ্ প্রতিবিম্ব। pq হইবে সমগ্র অসদ্ প্রতিবিম্ব। চিত্র হইতে বোঝা যায় যে, বস্তু যেদিকে এই বিম্ব সেইদিকে

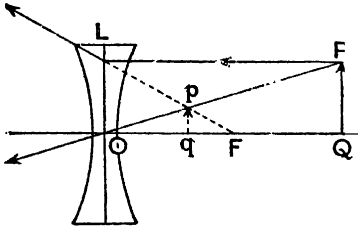


বস্তু ফোকাস দূরত্বের ভিতরে প্রতিবিম্ব অসদ্, সোজা ও বৃহত্তর

চিত্র 4ট (vi)

গঠিত হয় ; ইহা অসদ্, সোজা ও বস্তু অপেক্ষা আকারে বৃহত্তর। লেন্সের এই ব্যবহারকে কার্যকর করিয়া বিবর্ধক কাচ (magnifying glass), অণুবীক্ষণ ও দূরবীক্ষণ যন্ত্রের অভিনেত্র (eye-piece) তৈয়ারী হয়।

(খ) **অবতল লেন্স :** এক্ষেত্রে বস্তু যেখানেই অবস্থিত হউক না কেন প্রতিবিম্বের আকৃতি ও প্রকৃতি অপরিবর্তিত থাকে। প্রতিবিম্ব সর্বদা অসদ্, সোজা ও বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইবে এবং লেন্সের ফোকাস দূরত্বের মধ্যে অবস্থিত হইবে। 4ঠ নং চিত্রে অবতল লেন্স কর্তৃক এই প্রতিবিম্ব গঠন দেখানো হইয়াছে।



অবতল লেন্স সর্বদা অসদ্‌বিম্ব গঠন করে
চিত্র 4ঠ

4-9. চিহ্নের নিয়ম (Convention of sign) :

বিভিন্ন স্থানে বস্তু লইয়া বিভিন্ন প্রতিবিম্ব গঠনের যে আলোচনা পূর্ব অনুচ্ছেদে করা হইল তাহা হইতে দেখা যায় যে প্রতিবিম্ব কখনু কখন বস্তু যে-দিকে সেইদিকে হইতেছে—কখন বা বিপরীত দিকে হইতেছে। সুতরাং বিভিন্ন বস্তু-দূরত্ব ও প্রতিবিম্ব-দূরত্ব বিবেচনা করিতে গেলে উহাদের যথোপযুক্ত চিহ্ন (ধনাত্মক ও ঋণাত্মক) দিয়া লইতে হইবে। এই চিহ্ন দিবার নিয়ম নিম্নরূপ :

বস্তু অথবা প্রতিবিম্ব দূরত্ব মাপিতে গেলে সর্বদা লেন্সের **আলোক-কেন্দ্র হইতে** মাপিতে হইবে। আলোক-কেন্দ্র হইতে বস্তু অথবা প্রতিবিম্বের দিকে অগ্রসর হইবার সময় যদি আপতিত আলোকের অভিমুখের **বিপরীত** দিকে যাইতে হয় তবে উক্ত দূরত্ব **ধনাত্মক** (positive) ধরা হইবে এবং যদি আপতিত আলোকের অভিমুখের **দিকে** যাইতে হয় তবে উক্ত দূরত্ব **ঋণাত্মক** (negative) হইবে।

4চ (a) নং চিত্রে উত্তল লেন্সের ফোকাস দেখানো হইয়াছে। এখানে ফোকাস-দূরত্ব O হইতে F পর্যন্ত। কিন্তু O হইতে F পর্যন্ত যাইতে গেলে আপতিত আলোর অভিমুখের দিকে যাইতে হয়। সুতরাং, এই দূরত্ব ঋণাত্মক। কিন্তু অবতল লেন্সের বেলাতে O হইতে F পর্যন্ত যাইতে গেলে আপতিত আলোকের অভিমুখের বিপরীত দিকে যাইতে হয় [4চ (b) নং চিত্র]। সুতরাং অবতল লেন্সের ফোকাস্-দূরত্ব ধনাত্মক।

1934 খ্রীষ্টাব্দে লণ্ডনস্থ ফিজিক্যাল সোসাইটি চিহ্নের নিয়ম সম্পর্কে একটি নতুন সুপারিশ করিয়াছেন। এই নতুন নিয়মটি নিম্নরূপ :—

(1) সদ্ বস্তু, সদ্ প্রতিবিম্ব বা সদ্ ফোকাসের দূরত্বকে ধনাত্মক (+) ধরা হইবে।

(2) অসদ্ বস্তু, অসদ্ প্রতিবিম্ব বা অসদ্ ফোকাসের দূরত্বকে ঋণাত্মক (–) ধরা হইবে।

এই নতুন নিয়মানুযায়ী উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ধনাত্মক ও অবতল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব ঋণাত্মক হয়। এই পুস্তকে পুরাতন নিয়ম ব্যবহার করা হইয়াছে।

Q. 4-10. লেন্সের সাধারণ সূত্র (General formula for lenses) ঃ

লেন্স কোন বস্তুর প্রতিবিম্ব গঠন করিলে লেন্সের আলোক-কেন্দ্র O হইতে বস্তু পর্যন্ত দূরত্বকে বস্তু-দূরত্ব (object distance) এবং প্রতিবিম্ব পর্যন্ত দূরত্বকে প্রতিবিম্ব-দূরত্ব (image distance) বলা হয়। সাধারণত বস্তু-দূরত্বকে 'u' অক্ষর দ্বারা, প্রতিবিম্ব-দূরত্বকে 'v' অক্ষর দ্বারা এবং লেন্সের ফোকাস দূরত্বকে 'f' অক্ষর দ্বারা সূচিত করা হয়। এই রাশিগুলি পরস্পরের সহিত সম্পর্কযুক্ত এবং এই সম্পর্ককে লেন্সের সাধারণ সূত্র বলা হয়। নিম্নবর্ণিত উপায়ে উত্তল এবং অবতল লেন্সের ক্ষেত্রে সাধারণ সূত্রের প্রতিষ্ঠা করা যায়।

(i) উত্তল লেন্স ও সদ্ বিম্ব ঃ

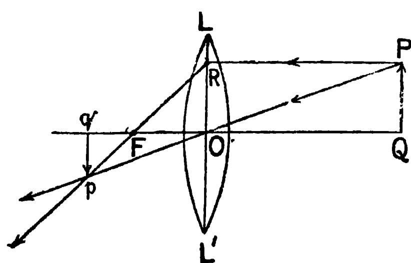
চিত্র 4ড (a) দেখ। LOL′ একটি সরু ও ছোট উত্তল লেন্স। PQ লেন্সের সম্মুখে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু। 4-7 অনুচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব pq অঙ্কিত করা হইয়াছে। ইহা সদ্ ও উল্টা প্রতিবিম্ব।

এখন pqF এবং RFO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। কাজেই,

$$\frac{pq}{Fq}=\frac{RO}{OF}=\frac{PQ}{OF}$$

$$[\because PQ=RO]$$

$$\therefore \frac{pq}{PQ}=\frac{Fq}{OF} \quad \cdots(i)$$



চিত্র 4ড (a)

আবার, qpO এবং QPO ত্রিভুজ দুইটিও সদৃশ। সুতরাং

$$\frac{qp}{Oq}=\frac{PQ}{OQ}$$

$$\therefore \frac{qp}{PQ}=\frac{Oq}{OQ} \quad (ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুইটি তুলনা করিলে লেখা যাইতে পারে যে

$$\frac{Fq}{OF}=\frac{Oq}{OQ}$$

অথবা, $$\frac{Oq-OF}{OF}=\frac{Oq}{OQ} \quad \cdot\text{(iii)}$$

4ড (a) চিত্রানুযায়ী, বস্তু দূরত্ব → $OQ=+u$

প্রতিবিম্ব-দূরত্ব → $Oq=-v$

ফোকাস-দূরত্ব → $OF=-f$

(iii) নং সমীকরণে ইহা বসাইলে আমরা পাই,

$$\frac{-v-(-f)}{-f}=\frac{-v}{u}$$

অথবা, $$\frac{f-v}{-f}=\frac{-v}{u}$$

অথবা, $$uf-uv=vf$$

সমীকরণের উভয়দিকই একই রাশি uvf দ্বারা ভাগ করিলে,

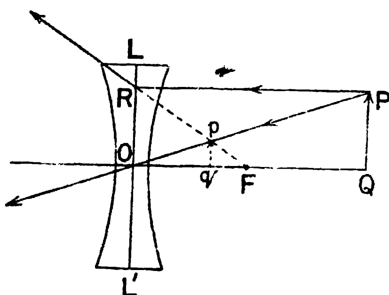
$$\frac{1}{v}-\frac{1}{f}=\frac{1}{u}$$

অথবা, $$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

ইহাই হইল লেন্সের সাধারণ সূত্র।

(ii) **অবতল লেন্স ও অসদ্ বিম্ব ঃ**

4ড (b) নং চিত্রে LOL′ একটি সরু ও ছোট অবতল লেন্স। PQ লেন্সের সম্মুখে প্রধান অক্ষের উপর লম্বভাবে অবস্থিত একটি বস্তু। 4-7 অনুচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুসারে প্রতিবিম্ব pq অঙ্কিত করা হইয়াছে। এই প্রতিবিম্ব অসদ্ ও সোজা।



চিত্র 4ড (b)

এখন, pqF এবং RFO ত্রিভুজ দুইটি সদৃশ। কাজেই,

$$\frac{pq}{qF}=\frac{RO}{OF}=\frac{PQ}{OF} \quad [\because PQ=RO]$$

$$\therefore \frac{pq}{PQ}=\frac{qF}{OF} \quad \text{(i)}$$

আবার qpO এবং QPO ত্রিভুজ দুইটিও সদৃশ। সুতরাং

$$\frac{pq}{Oq}=\frac{PQ}{OQ}$$

$$\therefore \quad \frac{pq}{PQ}=\frac{Oq}{OQ} \quad \cdots \quad (ii)$$

(i) এবং (ii) সমীকরণ দুইটি তুলনা করিলে লেখা যাইতে পারে যে,

$$\frac{qF}{OF}=\frac{Oq}{OQ}$$

অথবা $$\frac{OF-Oq}{OF}=\frac{Oq}{OQ} \quad \cdots \quad (iii)$$

4ড (b) চিত্রানুযায়ী, বস্তু-দূরত্ব $\rightarrow OQ= +u$

প্রতিবিম্ব-দূরত্ব $\rightarrow Oq \ = +v$

ফোকাস-দূরত্ব $\rightarrow OF \ = +f$

(iii) নং সমীকরণে ইহা বসাইলে আমরা পাই,

$$\frac{f-v}{f}=\frac{v}{u}$$

অথবা, $uf-uv=vf$

সমীকরণের উভয়দিকই একই রাশি uvf দ্বারা ভাগ করিলে,

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{f}=\frac{1}{u}$$

অথবা, $$\boldsymbol{\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}}$$

4-11. রৈখিক বিবর্ধন (Linear magnification) :

লেন্স দ্বারা বস্তুর যে-প্রতিবিম্ব গঠিত হয় তাহা বস্তুর অবস্থানের উপর নির্ভর করিয়া বস্তু অপেক্ষা বৃহত্তর বা ক্ষুদ্রতর হইতে পারে—অর্থাৎ লেন্সের বিবর্ধক ক্ষমতা (magnifying power) আছে। রৈখিক বিবর্ধন বলিতে প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য ও বস্তুর দৈর্ঘ্যের অনুপাত বুঝায়। অর্থাৎ,

$$\text{রৈখিক বিবর্ধন } (m)=\frac{\text{প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য}}{\text{বস্তুর দৈর্ঘ্য}}$$

4ড (a) নং চিত্রে

$$m=\frac{pq}{PQ}=\frac{Oq}{OQ}=\frac{v}{u}$$

তেমনি, 4ভ (b) নং চিত্রে

$$m = \frac{pq}{PQ} = \frac{Oq}{OQ} = \frac{v}{u}$$

সুতরাং যে-কোন লেন্সের বেলায় রৈখিক বিবর্ধন, $\boldsymbol{m = \frac{v}{u}}$

উদাহরণ ঃ

(1) একটি বস্তু একটি উত্তল-লেন্স হইতে যথাক্রমে (a) 50 cm ও (b) 15 cm দূরে রাখা হইল। লেন্সের ফোকাস দূরত্ব 20 cm হইলে প্রতিবিম্ব কোথায় গঠিত হইবে ? বস্তুর সাইজ 2 cm হইলে উক্ত প্রতিবিম্বদ্বয়ের সাইজ কত হইবে ?

[An object is placed at a distance of (*a*) 50 cm. and (*b*) 15 cm. from a convex lens. If the focal length of the lens is 20 cm, what will be the position of the images ? If the object is 2 cm long, what will be the sizes of the images ?]

উ। এস্থলে $u = +50$ cm ; $f = -20$ cm (উত্তল লেন্স)

(a) আমরা জানি, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

$$\text{এক্ষেত্রে } \frac{1}{v} - \frac{1}{50} = -\frac{1}{20}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{v} = -\frac{1}{20} + \frac{1}{50} = \frac{-3}{100}$$

$$\therefore \quad v = -\frac{100}{3} = -33{\cdot}3 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে বস্তুর বিপরীত দিকে (ঋণাত্মক চিহ্নের জন্য) 33·3 cm দূরে অবস্থিত।

$$\text{এক্ষেত্রে বিবর্ধন } m = \frac{v}{u} = \frac{\frac{100}{3}}{50} = \frac{2}{3}$$

$\therefore$ প্রতিবিম্বের সাইজ = বস্তুর সাইজ × বিবর্ধন

$$= 2 \times \frac{2}{3} = 1{\cdot}33 \text{ cm.}$$

(b) এক্ষেত্রে $u=+15$ cm ; $f=-20$ cm

লেন্সের সাধারণ সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

এক্ষেত্রে, $\frac{1}{v}-\frac{1}{15}=-\frac{1}{20}$

or, $\frac{1}{v}=-\frac{1}{20}+\frac{1}{15}$

$=\frac{1}{60}$

$\therefore \quad v=+60$ cm.

অর্থাৎ, বস্তু যেদিকে প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে সেইদিকে (ধনাত্মক চিহ্নের জন্য) 60 cm দূরে অবস্থিত।

এক্ষেত্রে বিবর্ধন, $m=\frac{v}{u}=\frac{60}{15}=4$

$\therefore$ প্রতিবিম্বের সাইজ = বস্তুর সাইজ × বিবর্ধন

$=2\times 4=8$ cm.

(2) একটি বিন্দু প্রভবকে লেন্স হইতে 30 cm. দূরে রাখিলে বস্তুর বিপরীত দিকে এবং লেন্স হইতে 10 cm দূরে প্রতিবিম্ব গঠিত হয়। লেন্সটি কি ধরনের ? উহার ফোকাস-দূরত্ব কত ?

[When a point source is placed 30 cm. away from a lens, an image is formed on the other side of the lens and 10 cm. from it. What kind of lens is it ? What is its focal length ?]

উ। যেহেতু প্রতিবিম্ব বস্তুর বিপরীত দিকে হইতেছে কাজেই প্রতিবিম্ব সদ্ এবং লেন্স উত্তল। কারণ উত্তল লেন্স ছাড়া অবতল লেন্স কখনও সদ্ বিম্ব গঠন করিতে পারে না।

এস্থলে $u=30$ cm ; $v=-10$ cm (সদ্ বিম্ব) ; $f=?$

আমরা জানি, $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$

$\therefore \quad -\frac{1}{10}-\frac{1}{30}=\frac{1}{f}$

or, $-\frac{4}{30}=\frac{1}{f}$

$\therefore \quad f=-\frac{30}{4}=-7{\cdot}5$ cm.

(3) একটি 5 cm. দীর্ঘ বস্তু উত্তল লেন্সের সম্মুখে খাড়া করা হইল। উহার 25 cm. দীর্ঘ একটি প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে 100 cm. দূরে অবস্থিত একখানি পর্দার উপর গঠিত হইল। লেন্সটির ফোকাস্-দূরত্ব নির্ণয় কর।

[An object 5 cm high is placed perpendicularly in front of a convex lens. An image 25 cm. high is formed on a screen 100 cm. away from the lens. Calculate the focal length of the lens.]

উ। এস্থলে বিবর্ধন $m=\frac{25}{5}=5$

$$\text{কিন্তু } m=\frac{v}{u}=5, \text{ or, } v=5u$$

$$\text{আবার, } v=100 \text{ cm} \quad \therefore \quad u=20 \text{ cm.}$$

এখন, প্রতিবিম্ব সদ্ হওয়ায় (পর্দায় পড়িতেছে বলিয়া) উহার দূরত্ব ঋণাত্মক। সুতরাং এক্ষেত্রে $v=-100$ cm ; $u=20$ cm ; $f=$?

লেন্সের সূত্র হইতে $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$

$$\text{or, } -\frac{1}{100}-\frac{1}{20}=\frac{1}{f} \quad \text{or, } -\frac{6}{100}=\frac{1}{f}$$

$$\therefore f=-\frac{100}{6}=-\frac{50}{3}=-16{\cdot}6 \text{ cm.}$$

(4) 10 cm. ফোকাস দূরত্বের একটি উত্তল লেন্স হইতে 30 cm. দূরে একটি বস্তু আছে। উহার প্রতিবিম্ব কোথায় হইবে ? প্রতিবিম্বের প্রকৃতি কি হইবে ? প্রতিবিম্বের বিবর্ধন কি হইবে ?

[An object is placed 30 cm. in front of a convex lens of focal length 10 cm. Where will be the image formed ? State the nature of the image. How many times is the image magnified or diminished ? [*H. S. Exam., 1961*]

উ। এক্ষেত্রে, $u=+30$ cm. ; $f=-10$ cm. (লেন্স উত্তল বলিয়া) $v=$?

আমরা জানি, $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$

$$\text{অতএব, } \frac{1}{v}-\frac{1}{30}=-\frac{1}{10}$$

$$\text{or, } \frac{1}{v}=\frac{1}{30}-\frac{1}{10}=-\frac{2}{30}=-\frac{1}{15}$$

$$\therefore v=-15 \text{ cm.}$$

অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব লেন্সের অপর পার্শ্বে 15 cm. দূরে হইবে। অপর পার্শ্বে হওয়ার দরুন প্রতিবিম্ব সদ্ এবং উল্টা।

এখন, বিবর্ধন $m = \frac{v}{u} = \frac{15}{30} = \frac{1}{2}$.

অর্থাৎ, প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য বস্তুর দৈর্ঘ্যের অর্ধেক হইবে।

4-12. লেন্সের সাধারণ সূত্রের সাহায্যে বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিম্বের অবস্থান ও প্রকৃতি নির্ণয় (Determination of the position and nature of the different images due to different positions of the object by the general equation of the lens) :

বস্তু বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি কিরূপে জ্যামিতিক উপায়ে নির্ণয় করা যায় তাহা 4-8 অনুচ্ছেদে আলোচনা করা হইয়াছে। লেন্সের সাধারণ সূত্রের সাহায্যে গাণিতিক উপায়েও আমরা প্রতিবিম্বের বিভিন্ন অবস্থান, প্রকৃতি ও আকৃতি নির্ণয় করিতে পারি। প্রথমে আমরা উত্তল লেন্সের কথা আলোচনা করিব।

(1) **বস্তু অসীমে অবস্থিত** (Object at infinity) :

এক্ষেত্রে, $u = \infty$, এবং $\frac{1}{u} = 0$

∴ সাধারণ সূত্র হইতে আমরা লিখিতে পারি

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}$$ (লেন্স উত্তল হওয়ায় f ঋণাত্মক)

অথবা, $\frac{1}{v} = -\frac{1}{f}$

" $v = -f$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ফোকাস-তলে অবস্থিত ; ঋণাত্মক চিহ্ন সূচনা করে যে প্রতিবিম্ব লেন্সের বিপরীত দিকে গঠিত হইবে—অর্থাৎ প্রতিবিম্ব সদ্।

তাছাড়া, 'v' এর তুলনায় 'u' অতি বৃহৎ বলিয়া বিবর্ধন $\left(m = \frac{v}{u}\right)$ অতি সামান্য ; অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অতি ক্ষুদ্র হইবে।

(2&3) **বস্তু '$2f$' দূরত্বে অথবা '$2f$' অপেক্ষা বেশী দূরে :**

যখন $u = 2f$, তখন $\frac{1}{u} = \frac{1}{2f}$

এখন $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=-\frac{1}{f}$

$$\frac{1}{v}=\frac{1}{u}-\frac{1}{f}=\frac{1}{2f}-\frac{1}{f}=-\frac{1}{2f}$$

$$\therefore \quad v=-2f.$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্বও $2f$ দূরে গঠিত হইবে এবং লেন্সের অপর পার্শ্বে অবস্থিত হইবে অর্থাৎ, প্রতিবিম্ব সদ্ হইবে।

আবার, বিবর্ধন $m=\frac{v}{u}=\frac{2f}{2f}=1$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ও বস্তু সমান আকারের হইবে।

সুতরাং বস্তুকে অসীম হইতে $2f$ দূরে আনিলে প্রতিবিম্ব 'f' হইতে $2f$ দূরে সরিয়া যায়। অসীম এবং $2f$ দূরত্বের মাঝামাঝি কোথাও বস্তু রাখিলে সহজেই বোঝা যায় যে প্রতিবিম্ব 'f' এবং '$2f$'-এর মাঝামাঝি কোথাও হইবে। যেহেতু 'u' অপেক্ষা 'v' ছোট, সেইহেতু প্রতিবিম্ব আকারে বস্তু অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইবে।

(4 & 5) **বস্তু ফোকাস তলে অথবা 'f' এবং '$2f$' মাঝে ঃ**

যখন $u=f,\ \frac{1}{u}=\frac{1}{f}$

এখন, $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=-\frac{1}{f}$

অথবা, $\frac{1}{v}=\frac{1}{u}-\frac{1}{f}$

$$=\frac{1}{f}-\frac{1}{f}$$

$$\therefore \quad v=\infty.$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অসীমে গঠিত হইবে। যেহেতু 'u' অপেক্ষা 'v' অতি বৃহৎ সেই হেতু প্রতিবিম্ব আকারে বস্তু অপেক্ষা বহুগুণ বৃহত্তর হইবে।

দেখা যাইতেছে যে বস্তুকে $2f$ হইতে সরাইয়া 'f' দূরত্বে আনিলে, প্রতিবিম্ব $2f$ হইতে অসীমে চলিয়া গেল। কাজেই, '$2f$' এবং 'f' এর মাঝামাঝি কোথাও বস্তু রাখিলে প্রতিবিম্ব $2f$ এবং অসীমের ভিতর কোথাও গঠিত হইবে। এক্ষেত্রে 'u' অপেক্ষা 'v' বৃহৎ বলিয়া প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত হইবে।

(6) **বস্তু ফোকাস দূরত্বের ভিতরে** (Object is within 'f') :

এক্ষেত্রে $u < f$ অর্থাৎ, $\frac{1}{u} > \frac{1}{f}$

এখন আমরা জানি $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = -\frac{1}{f}$

অথবা, $\frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f}$ = ধনাত্মক রাশি

'v' ধনাত্মক হওয়ায় প্রতিবিম্ব ও বস্তু লেন্সের একই দিকে গঠিত হইবে ; অর্থাৎ প্রতিবিম্ব অসদ্ হইবে।

আবার, $\frac{1}{v} = \frac{1}{u} - \frac{1}{f} = \frac{f-u}{uf}$

যেহেতু $f > u$, ধর, $f = u + \delta$

$$\therefore \quad \frac{1}{v} = \frac{u+\delta-u}{(u+\delta)u} = \frac{\delta}{u^2+u\delta}$$

$$\therefore \quad v = u + \frac{u^2}{\delta}$$

$= u +$ ধনাত্মক রাশি

অর্থাৎ $v > u$; সুতরাং প্রতিবিম্ব বিবর্ধিত হইবে।

অবতল লেন্স (Concave lens) :

অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য ধনাত্মক হওয়ায় লেন্সের সাধারণ সূত্র অপরিবর্তিত থাকিবে।

অর্থাৎ, $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ অথবা $\frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f}$

কাজেই, বস্তু যেখানেই থাকুক না কেন, 'v' সর্বদা ধনাত্মক ; অর্থাৎ প্রতিবিম্ব সর্বদা অসদ্।

এখন, $u = f$ হইলে,

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f} = \frac{2}{f} \quad \therefore \quad v = \frac{f}{2}$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব লেন্স হইতে ফোকাস দৈর্ঘ্যের অর্ধেক দূরত্বে গঠিত হইবে।

আবার, $u=\infty$ হইলে, $\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$ $\therefore$ $v=f$ অর্থাৎ প্রতিবিম্ব ফোকাস তলে গঠিত হইবে।

সুতরাং বস্তুকে অসীম হইতে সরাইয়া ফোকাস-দূরত্বে আনিলে প্রতিবিম্ব সর্বদা f এবং $\frac{f}{2}$ দূরত্বের মধ্যে অবস্থিত থাকিবে। 'v' সর্বদা 'u' অপেক্ষা ছোট হওয়ায় অবতল লেন্স সব সময় ক্ষুদ্রতর প্রতিবিম্ব গঠন করিবে।

যখন বস্তু লেন্সের খুব কাছে তখন, $u \simeq 0$ অর্থাৎ $\frac{1}{u} \simeq \infty$

$$\text{এখন,} \quad \frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$$

$$\text{অথবা} \quad \frac{1}{v}=\frac{1}{u}+\frac{1}{f} \simeq \infty+\frac{1}{f} \simeq \infty$$

$$\therefore \quad v=0$$

অর্থাৎ প্রতিবিম্ব লেন্সের খুব কাছে গঠিত হইবে।

4-13. **অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয়** (Conjugate pair of foci) :

আলোকরশ্মির পথ প্রত্যাবর্তনশীল (reversible) বলিয়া একটি লেন্স উহার অক্ষস্থিত কোন বস্তুবিন্দুর প্রতিবিম্ব গঠন করিলে ঐ বস্তুবিন্দু ও উহার প্রতিবিম্ব উভয়ের অবস্থানের অদলবদল করা যায়। অর্থাৎ লেন্স বস্তুবিন্দুর সদ্‌বিম্ব গঠন করিলে বিম্বের স্থানে বস্তু রাখিলে বস্তুর পূর্বেকার অবস্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে। কিন্তু বিম্ব অসদ্‌ হইলে ঐরূপ হইবে না। তখন আপতিত রশ্মিগুলিকে এমনভাবে পাঠাইতে হইবে যেন লেন্সের অবর্তমানে অসদ্‌বিম্বের স্থানে উহারা একত্রিত হইতে চেষ্টা করে ; তাহা হইলে লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইবার পর বস্তুর পূর্বেকার অবস্থানে প্রতিবিম্ব গঠিত হইবে।

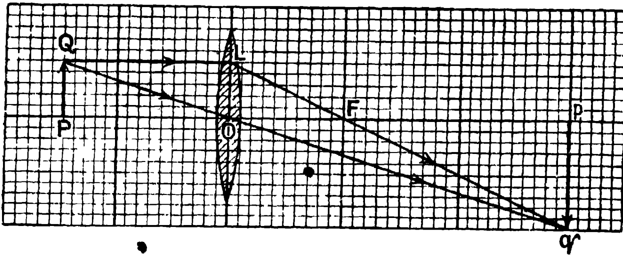
অক্ষস্থিত বস্তুবিন্দু ও উহার প্রতিবিম্বের অবস্থানের এই পারস্পরিক বিনিময় সম্ভব বলিয়া উহাদের **অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয়** বলা হয়। আমরা জানি যে বস্তু-দূরত্ব (u) এবং প্রতিবিম্ব-দূরত্ব (v) একটি সূত্রদ্বারা আবদ্ধ। সূত্রটি হইল $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$; এই সূত্রটিকে মাঝে মাঝে অনুবন্ধী সম্পর্ক (conjugate relationship) বলিয়া উল্লেখ করা হয়।

4-14. ছক কাগজের সাহায্যে লেন্স সম্পর্কিত সরল সমস্যার সমাধান (Solution of simple problems in connection with lenses by squared paper) :

লেন্স সম্পর্কিত সরল সমস্যার সমাধানের একটি সহজ উপায় হইতেছে ছক কাগজ। বিশেষত গাণিতিক উপায়ে সমাধানের পর প্রাপ্ত ফলের নির্ভুলতা পরীক্ষার ইহা একটি প্রকৃষ্ট পন্থা। নিম্নলিখিত দুইটি উদাহরণ হইতে এই পদ্ধতি পরিষ্কার বোঝা যাইবে।

(i) **সদ্‌বিম্ব সম্পর্কিত সমস্যা :**

মনে কর, একটি উত্তল-লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 10 cm এবং উহার সম্মুখে 15 cm দূরে একটি বস্তুকে লেন্সের অক্ষের উপর খাড়া ভাবে রাখা হইল। ছক কাগজের সাহায্যে প্রতিবিম্বের অবস্থান, সাইজ ও প্রকৃতি নির্ণয় করিতে হইবে।



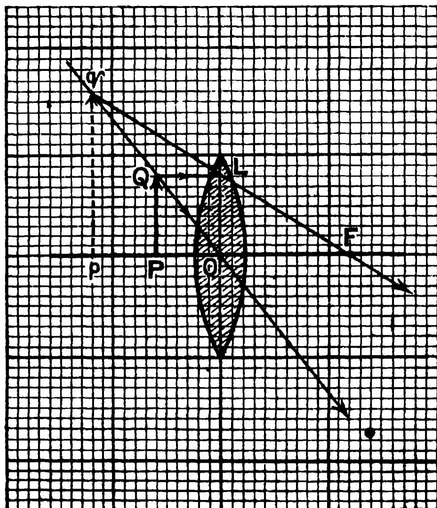
ছক কাগজের সাহায্যে সদ্‌বিম্ব সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান

চিত্র 4চ (a)

4চ (a) নং চিত্র দেখ। ছক কাগজে LO উত্তল লেন্স আঁকা হইয়াছে। ছক কাগজের এক একটি ক্ষুদ্রভাগকে 1 cm-এর সমান ধরিলে ফোকাস-বিন্দু F লেন্সের আলোক-কেন্দ্র O বিন্দু হইতে 10 ভাগ দূরে হইবে। OF = 10 ভাগ করিয়া F বিন্দু চিহ্নিত কর। বস্তু লেন্স হইতে 15 cm দূরে। সুতরাং OP = 15 ভাগ করিয়া P বিন্দু চিহ্নিত কর এবং 5 ঘরের সমান করিয়া PQ বস্তু আঁক। সুতরাং বস্তুর উচ্চতা 5 cm. ধরা হইল। বস্তু, আলোক-কেন্দ্র ও ফোকাস নির্দিষ্ট হইবার পর 4-7 অনুচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব *pq* অঙ্কিত কর। চিত্র হইতে বোঝা যাইতেছে যে প্রতিবিম্ব *pq* (i) সদ্‌ (ii) আলোক-কেন্দ্র হইতে 30 ঘর অর্থাৎ 30 cm. দূরে, (iii) উচ্চতায় 10 ঘর অর্থাৎ 10 cm.

(ii) অসদ্বিম্ব সম্পর্কিত সমস্যা ঃ

মনে কর, একটি উত্তল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 6 cm এবং উহার সম্মুখে 3 cm দূরে একটি 4 cm উচ্চ বস্তুকে লেন্সের অক্ষের উপর খাড়া ভাবে রাখা হইল। ছক কাগজের সাহায্যে প্রতিবিম্বের অবস্থান, সাইজ ও প্রকৃতি নির্ণয় করিতে হইবে।



ছক কাগজের সাহায্যে অসদ্বিম্ব সম্পর্কিত সমস্যার সমাধান

চিত্র 4চ (b)

4চ (b) নং চিত্রে O হইল উত্তল লেন্সের আলোক-কেন্দ্র। এক্ষেত্রে ছক কাগজের প্রত্যেক ক্ষুদ্র ভাগকে 0·5 cm-এর সমান ধরা হইয়াছে। সুতরাং OF = 12 ঘর = 6 cm করিয়া লইলে F হইবে লেন্সের ফোকাস-বিন্দু। তেমনি OP = 6 ঘর = 3 cm করিলে এবং PQ = 8 ঘর = 4 cm করিলে বস্তুর অবস্থান এবং উচ্চতা নির্দিষ্ট হইবে। অতঃপর 4-7 অনুচ্ছেদে বর্ণিত পদ্ধতি অনুযায়ী প্রতিবিম্ব *pq* অঙ্কন করিতে হইবে। 4চ (b) নং চিত্র হইতে বোঝা যাইতেছে যে প্রতিবিম্ব (i) অসদ্ (ii) আলোক-কেন্দ্র হইতে উহা 12 ঘর অর্থাৎ 6 cm. দূরে এবং (iii) উহার উচ্চতা 16 ঘর অর্থাৎ 8 cm.

গাণিতিক নিয়মানুযায়ী উপরোক্ত সমস্যা দুইটির সমাধান করিলে একই ফল পাওয়া যাইবে ; বলা বাহুল্য যে অবতল লেন্সের সমস্যাও উপরোক্ত পদ্ধতিতে সমাধান করা যায়।

[**দ্রষ্টব্য ঃ** ছক-কাগজের প্রত্যেক ক্ষুদ্র ভাগের মান অনুভূমিক এবং উলম্ব দিকে একই লইতে হইবে, ইহার কোন অর্থ নাই ; আলাদা লওয়া যাইতে পারে। তবে মান উভয় দিকে সমান হইলে অঙ্কনের সুবিধা হয়।]

4-15. লেন্সের ক্ষমতা (Power of a lens) :

মনে কর, দুইটি লেন্স আছে। একটির ফোকাস-দৈর্ঘ্য কম এবং দ্বিতীয়টির অপেক্ষাকৃত বেশী। এখন যদি একগুচ্ছ সমান্তরাল রশ্মি লেন্স দুইটির অক্ষের সমান্তরালভাবে আসিয়া আলাদাভাবে লেন্স দুইটির উপর আপতিত হয়, তবে উহারা লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া ফোকাস-বিন্দুতে একত্রিত হইবে। প্রথম লেন্সটির বেলাতে ঐ বিন্দু লেন্সের যত কাছে হইবে দ্বিতীয় লেন্সের বেলাতে তাহা হইবে না। এক্ষেত্রে বলা হয় যে প্রথম লেন্সটির ক্ষমতা দ্বিতীয় লেন্স অপেক্ষা বেশী। সুতরাং **উত্তল লেন্সের ক্ষমতা বলিতে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে লেন্সের কত কাছে একত্রিত করিতে পারে।**

ঠিক অনুরূপ ভাবে **অবতল লেন্সের ক্ষমতা বলিতে আমরা বুঝি যে ঐ লেন্স সামান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে কত বেশী অপসৃত করিয়া দিতে পারে।**

লেন্সের ক্ষমতা যত বেশী হইবে অর্থাৎ সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছকে লেন্স যত বেশী অভিসারী অথবা অপসারী রশ্মিগুচ্ছে পরিণত করিবে তত উহার ফোকাস-দৈর্ঘ্য ক্ষুদ্র হইবে। সুতরাং ক্ষমতা বৃদ্ধি পাইলে ফোকাস-দৈর্ঘ্য হ্রাস পায়; আবার ক্ষমতা হ্রাস পাইলে ফোকাস-দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। এই কারণে লেন্সেব ক্ষমতা 'P' এবং ফোকাস-দৈর্ঘ্য 'f' হইলে, $P = \frac{1}{f}$

যে লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 100 cm উহার ক্ষমতাকে ক্ষমতার একক ধরা হয়। এই এককের নাম **'ডায়পটর'** (dioptre)। উত্তল লেন্সের ক্ষমতাকে ধনাত্মক এবং অবতল লেন্সের ক্ষমতাকে ঋণাত্মক গণ্য করা হয়। যে উত্তল-লেন্সের ফোকাস্-দৈর্ঘ্য 25 cm. উহার ক্ষমতা $= +\frac{1}{25/100} = +4$ dioptres। যে লেন্সের ক্ষমতা 2 dioptres, উহার ফোকাস-দের্ঘ্য $= \frac{100}{2} = 50$ cm.

4-16. সহজে লেন্স চিনিবার পদ্ধতি (Simple identification of lenses) :

আমরা দেখিয়াছি যে কোন বস্তুকে লেন্সের ফোকাস-দূরত্বের মধ্যে অর্থাৎ খুব কাছে রাখিলে উহার অসদ্ ও বিবর্ধিত (magnified) প্রতিবিম্ব গঠিত হয় যদি লেন্স উত্তল হয় এবং অসদ্ ও ক্ষুদ্রতর (diminished) প্রতিবিম্ব গঠিত হয় যদি লেন্স অবতল হয়। কাজেই সহজ উপায়ে লেন্স চিনিতে হইলে লেন্সের সন্নিকটে একটি আঙ্গুল রাখ এবং অপর দিক হইতে উহার প্রতিবিম্ব দেখ। যদি প্রতিবিম্ব আকারে বড় হয় তবে বুঝিতে হইবে লেন্স উত্তল। আর যদি প্রতিবিম্ব আকারে ছোট হয় তবে বুঝিতে হইবে লেন্স অবতল।

4-17. U-V পদ্ধতিতে উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় (Determination of the focal length of a convex lens by U-V method) :

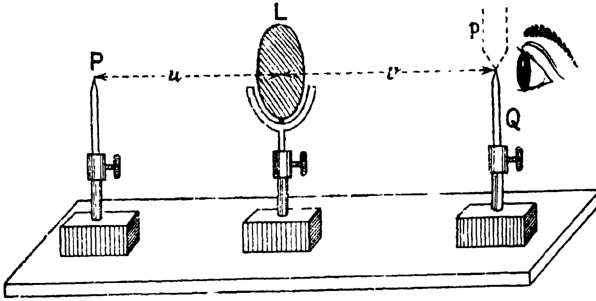
(i) 4ঝ নং চিত্রে যেমন দেখানো হইয়াছে ঐরূপ একটি মোমবাতি ও কাগজের পর্দার মাঝখানে একটি উত্তল লেন্স রাখ। মোমবাতির শিখাটির উচ্চতা এমন হওয়া উচিত যেন উহা লেন্সের অক্ষের উপর থাকে। এইবার লেন্সটিকে অগ্র-পশ্চাৎ সরাও যাহাতে কাগজের পর্দার উপর শিখার একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পড়ে।

এস্থলে শিখা হইতে লেন্সের দূরত্বকে বস্তু-দূরত্ব বা u বলা হইবে এবং লেন্স হইতে কাগজের পর্দা পর্যন্ত দূরত্বকে প্রতিবিম্ব-দূরত্ব বা v বলা হইবে। এই দূরত্ব স্কেল দ্বারা মাপ। সুতরাং u এবং v জানা থাকিলে $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ সমীকরণ হইতে লেন্সের ফোকাস্-দূরত্ব নির্ণয় করা যাইবে। এস্থলে একটি কথা স্মরণ রাখিতে হইবে যে প্রতিবিম্ব সদ্ হওয়ায় v ঋণাত্মক। কাজেই সমীকরণে v-এর মান বসাইবার সময় ঋণাত্মক চিহ্নসহ বসাইয়া হিসাব করিতে হইবে।

শিখার দূরত্ব বদলাইয়া ঐরূপ কয়েকবার পরীক্ষার পর f-এর গড় বাহির করিলে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব পাওয়া যাইবে।

(ii) **পিন দ্বারা** (By pins) :

একটি লেন্স-ধারক (lens holder)-এ একখানি উত্তল লেন্স L আটকাইয়া টেবিলের উপর রাখ। লেন্সটির প্রধান অক্ষের (চিত্রে কাটা লাইন দ্বারা



পিনের সাহায্যে উত্তল লেন্সের ফোকাস দূরত্ব নির্ণয়

চিত্র 4ত

প্রদর্শিত) সহিত মিলাইয়া একটি পিন P লেন্সটির বাঁদিকে রাখ। ডান দিক হইতে লেন্সটির ভিতর দিয়া P-পিন লক্ষ্য করিলে উহার একটি উল্টা প্রতিবিম্ব p দেখা যাইবে (চিত্র 4ত)। এখন আর একটি পিন Q লেন্সের ডান দিকে এমনভাবে রাখ যে Q-এর অগ্রভাগ এবং উল্টা প্রতিবিম্ব p-এর অগ্রভাগের ভিতর কোন দৃষ্টিভ্রম (parallax) না থাকে। অর্থাৎ, চোখ একটু এদিক-ওদিক নাড়াইলে উহারা একই সঙ্গে একই দিকে নড়াচড়া করিবে। এই অবস্থায় P-পিনকে বস্তু এবং Q-পিনকে প্রতিবিম্ব বলিয়া গণ্য করা যাইতে পারে। লেন্স হইতে P-পিনের অগ্রভাগের দূরত্ব মাপিলে উহা 'u' হইবে এবং Q পিনের অগ্রভাগের দূরত্ব মাপিলে উহা 'v' হইবে। অতঃপর $\frac{1}{v}-\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ এই সমীকরণের সাহায্যে (v-কে ঋণাত্মক ধরিয়া) f-এর মান নির্ণয় করা যাইবে।

লেন্স অথবা P-পিনকে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিয়া উপরোক্ত পরীক্ষা তিন-চার বার করিলে এবং উহা হইতে গড় 'f' নির্ণয় করিলে উহা লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব বুঝাইবে।

সারাংশ

দুইটি গোলীয় বা একটি গোলীয় ও একটি সমতল তলদ্বারা সীমাবদ্ধ স্বচ্ছ প্রতিসারক মাধ্যমের অংশবিশেষকে লেন্স বলে।

লেন্স প্রধানত দুই প্রকার: (1) উত্তল বা অভিসারী, (2) অবতল বা অপসারী। তাছাড়া লেন্সের দুই তলের আকৃতির উপর নির্ভর করিয়া উত্তল বা অবতল গোষ্ঠীর নানাপ্রকার লেন্স তৈয়ারী করা যায়।

বস্তু হইতে রশ্মিগুচ্ছ নির্গত হইয়া লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইলে সদ্ বা অসদ্ প্রতিবিম্ব গঠিত হয়।

বস্তু-দূরত্বের বিভিন্নতায় বিভিন্ন প্রতিবিম্বের গঠন :

বস্তুর অবস্থান	প্রতিবিম্বের অবস্থান	প্রতিবিম্বের আকার	প্রতিবিম্বের প্রকৃতি	মন্তব্য
উত্তল লেন্স				
(1) অসীমে	ফোকাস্ তলে	খুব ক্ষুদ্র	সদ ও উল্টা	প্রতিবিম্ব দেখা যায় ও পর্দায় ফেলা যায়
(2) $2f$ অপেক্ষা বেশী দূরে	f এবং $2f$ এর ভিতরে	ক্ষুদ্রতর		
(3) $2f$ দূরে	$2f$ দূরত্বে	সমান		
(4) f এবং $2f$ এর ভিতরে	$2f$ অপেক্ষা দূরে	বৃহত্তর		
(5) ফোকাসে	অসীমে	খুব বৃহৎ		প্রতিবিম্ব দেখা যায় না বা পর্দায় ফেলা যায় না
(6) ফোকাস-দূরত্বের ভিতরে	বস্তুর দিকে	বৃহত্তর	অসদ্, সোজা	প্রতিবিম্ব শুধু দেখা যায়
অবতল লেন্স : যে-কোন স্থানে	ফোকাস-দূরত্বের ভিতরে	ক্ষুদ্রতর	অসদ, সোজা	প্রতিবিম্ব শুধু দেখা যায়

প্রশ্নাবলী

1. লেন্স কাহাকে বলে? উত্তল ও অবতল লেন্সের ভিতর তফাৎ কি? চিত্রদ্বারা বুঝাইয়া দাও কেন উহাদের যথাক্রমে অভিসারী ও অপসারী লেন্স বলে।

[What is a lens ? What is the difference between a convex and a concave lens ? Explain, with the aid of diagrams, why they are called converging and diverging lenses respectively.]

2. নিম্নলিখিত রাশিগুলির সংজ্ঞা বুঝাইয়া লেখ :—(ক) বক্রতা-কেন্দ্র (খ) আলোক-কেন্দ্র, (গ) মুখ্য ফোকাস, (ঘ) ফোকাস-দূরত্ব, (ঙ) উন্মেষ।

[Explain the following terms :—(a) Centre of curvature (b) Optical centre (c) Principal focus (d) Focal length [*H.S. Exam. 1961, '63*] (e) Aperture.]

3. পরিষ্কার ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও কিরূপে উত্তল লেন্স সদ্ প্রতিবিম্ব ও অবতল লেন্স অসদ্ প্রতিবিম্ব গঠন করে।

[Draw neat diagrams to show how a convergent lens forms a real image and a divergent lens a virtual image.] [*cf. H S. Exam. 1960.*]

4. সদ্ ও অসদ্ বিম্বের ভিতর পার্থক্য কি? ছবি আঁকিয়া দেখাও কিরূপে উত্তল লেন্স কোন বস্তুর (i) অসদ্ ও (ii) সদ্ বিম্ব গঠন করে।

[Distinguish between a real and a virtual image. Show only by diagrams how a convex lens can be made to give (a) a virtual, (b) a real image of an object.] [*H. S. (Comp) 1960, '61, '62*]

5. নিম্নলিখিত প্রতিবিম্বগুলি পাইতে গেলে কোন ধরনের লেন্স ব্যবহার করিবে এবং বস্তু কোথায় রাখিবে নির্দেশ কর :—(ক) বিবর্ধিত সদ্ প্রতিবিম্ব (খ) বিবর্ধিত অসদ্ প্রতিবিম্ব (গ) ক্ষুদ্রতর সদ্ প্রতিবিম্ব (ঘ) ক্ষুদ্রতর অসদ্ প্রতিবিম্ব (ঙ) সমান আকারের সদ্ প্রতিবিম্ব। প্রত্যেক ক্ষেত্রে পরিষ্কার ছবি আঁক।

[What kind of lens would you use and where the object is to be placed in order to get (a) a magnified real image (b) a magnified virtual image (c) a reduced real image (d) a reduced virtual image (e) a real image of same size.

Draw neat diagram in each case.]

6. তোমাকে বলা হইল উত্তল এবং অবতল লেন্স দ্বারা কোন বস্তুর সোজা প্রতিবিম্ব গঠন করিতে হইবে। বস্তু কোথায় রাখিবে নির্দেশ কর এবং প্রত্যেক ক্ষেত্রে ছবি আঁকিয়া প্রতিবিম্ব গঠন বুঝাইয়া দাও।

[You are asked to form an erect image of an object with the help of a convex and a concave lens. Mention the positions of the object and explain the formation of the images in each case with the aid of diagram.]

7. একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে বিভিন্ন দূরত্বে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও সাইজের কিরূপ পরিবর্তন হয় তাহা ছবি আঁকিয়া বুঝাইয়া দাও। প্রত্যেক অবস্থানের ব্যবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ কর।

[Explain, with the help of neatly drawn diagrams, the changes in the position, nature and size of the image of an object when the object is placed at

different distances from a convex lens. Mention the practical application in each case.] [*cf. H. S. Exam. 1963*]

Q 8. একটি লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব, বস্তু-দূরত্ব ও প্রতিবিম্ব-দূরত্বের পারস্পরিক সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর।

[Deduce a relation between the object distance, the image distance and the focal length of a lens.] [*H. S. Exam. 1960*, *(Comp) 1962*]

Q 9. 2 cm উচ্চ একটি বস্তুকে একটি অবতল লেন্স হইতে যথাক্রমে (i) 50 cm এবং (ii) 15 cm দূরে রাখা হইল। লেন্সটির ফোকাস-দূরত্ব 20 cm হইলে প্রতিবিম্বদ্বয় কোথায় অবস্থিত হইবে তাহা নির্ণয় কর। প্রতিবিম্বের উচ্চতা কত হইবে ?

[An object, 2 cm. high, is placed at a distance of (i) 50 cm. and (ii) 15 cm respectively from a concave lens of focal length 20 cm. Find the positions and heights of the images in the two cases,]

[Ans. (i) 14·3 cm. , 0·57 cm. (ii) 8·57 cm. ; 1·14 cm.]

Q 10. 1 inch উচ্চ একটি বস্তুকে কোন উত্তল লেন্স হইতে উহার ফোকাস দূরত্বের দ্বিগুণ দূরে রাখিলে প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও উচ্চতা নির্ণয় কর।

[Find the position, nature and size of the image of an object, 1 inch high, placed in front of a convex lens, at a distance of twice the focal length of the lens.] [*H. S. Exam. 1960*]

(Ans. Twice the focal length, real, 1")

Q. 11. একটি বস্তু কোন লেন্স হইতে 20 inches দূরে অবস্থিত হইলে উহার একটি অসদ্বিম্ব তৈয়ারী হয়। বিম্বের সাইজ বস্তুর সাইজের $\frac{2}{3}$ হইলে বিম্বটি কোথায় অবস্থিত হইবে, লেন্সটি কি ধরনের, এবং উহার ফোকাস-দূরত্ব কত তাহা নির্ণয় কর।

[A virtual image is produced by a lens when an object is placed 20 inches from the lens. The size of the image is $\frac{2}{3}$ that of the object. Determine the position of the image, the nature and focal length of the lens]

(Ans. 13·3" ; concave ; 40")

Q ·12. একটি বস্তু একটি উত্তল লেন্স হইতে 15 cm দূরে থাকিলে বস্তুর সাইজের দ্বিগুণ সদ্‌বিম্ব তৈয়ারী হয়। ঐ লেন্স হইতে কত দূরে বস্তুটি রাখিলে বস্তুর সাইজের দ্বিগুণ অসদ্বিম্ব তৈয়ারী হইবে ?

[A convex lens forms a real image of double the size than the object when the object is placed 15 cm. from the lens. How far the object is to be placed so that a virtual image of double the size may be produced by the same lens ?

(Ans. 5 cm.)

13. (i) 4 cm উচ্চ একটি বস্তুকে 20 cm. ফোকাস-দূরত্ব সম্পন্ন একটি উত্তল লেন্স হইতে 100 cm. দূরে লেন্সের অক্ষের উপর লম্বভাবে রাখা হইল। প্রতিবিম্বের অবস্থান, প্রকৃতি ও উচ্চতা কত হইবে ?

[An object, 4 cm. long, is placed 100 cm. in front of a convex lens of focal length 20 cm. and perpendicular to the axis of the lens. What is the position, nature and size of the image formed ?]

[*H. S. (Comp.) 1960*] (Ans. 25 cm. সদ্, 1 cm.)

(ii) 20 cm ফোকাস দৈর্ঘ্যের উত্তল লেন্সের সম্মুখে কোথায় একটি বস্তু রাখিলে বস্তুটির আকারের তিনগুণ সদ্ বিম্ব তৈয়ারী হইবে ?

[Where must an object be placed in front of a convex lens of focal length 20 cms. in order that the image may be real and magnified three times ?]

[*H. S. (comp) 1961*] (Ans. 26·6 cm)

14. একটি দুই ইঞ্চি দীর্ঘ বস্তু একটি উত্তল লেন্স (ফোকাস-দূরত্ব = 7 inches) হইতে যথাক্রমে (a) 4 inches (b) 10 inches দূরে রাখা হইল। বিম্বের অবস্থিতি, প্রকৃতি ও দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

[An object, 2 inches high, is placed from a convex lens (focal length = 7 inches) at distance of (a) 4 inches (b) 10 inches respectively. Find the position, nature and the size of the image.]

[Ans. (a) $9\frac{1}{3}''$; অসদ্ ; $4\frac{2}{3}''$ (b) $23\frac{1}{3}''$; সদ্ ; $4\frac{2}{3}''$]

15. 8 cm দীর্ঘ একটি বস্তু 20 cm ফোকাস-দূরত্ব-সম্পন্ন অবতল লেন্স হইতে 10 cm দূরে অবস্থিত। বিম্বের অবস্থিতি, দৈর্ঘ্য ও প্রকৃতি নির্ণয় কর।

[An object, 8 cm. high, is placed 10 cm. away from a concave lens of focal length 20 cm. Calculate the position, height and nature of the image formed.] (Ans. 6·6 cm. ; 2 cm. : অসদ্)

16. একটি উত্তল লেন্স দ্বারা লেন্স হইতে 10 metres দূরে একখানি পর্দার উপর একটি বিবর্ধিত প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিতে হইবে। যদি বিবর্ধনের পরিমাণ 20 হয় তবে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব কত হইবে ?

[A magnified image is to be cast on a screen 10 metres away from a convex lens. If the magnification be 20, what would be the focal length of the lens ?] (Ans. 47·6 cm.)

17. একটি বালকের কাছে 10 cm ফোকাস-দূরত্ব-সম্পন্ন একটি উত্তল লেন্স আছে। একখানি পর্দা হইতে ঐ লেন্সটিকে কত দূরে রাখিলে সূর্যের স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পর্দায় পড়িবে ? লেন্স হইতে 1 metre দূরে রক্ষিত একটি মোমবাতির প্রতিবিম্ব পর্দায় ফেলিতে লেন্সটিকে পর্দা হইতে কত দূরে রাখিতে হইবে ? লেন্সটির ক্ষমতা কত ?

[A boy has a convex lens the focal length of which is 10 cm. How far from a screen must it be to get an image of the sun on the screen ? How far from the screen must it be to get an image of a candle which is at a distance of one metre from the lens ? What is the power of the lens ?]

[Ans. 10 cm. , 11·1 cm. ; 10D]

18. 8 cm এবং 4 cm ফোকাসদূরত্ব-সম্পন্ন দুইটি উত্তল লেন্সকে পরস্পর হইতে 8 cm দূরে রাখা হইল। 1 cm উচ্চ একটি বস্তুকে ছোট ফোকাস-দূরত্ব-সম্পন্ন লেন্সের সম্মুখে 4 cm দূরে রাখা হইল। লেন্স দুইটি দ্বারা গঠিত শেষ প্রতিবিম্বের অবস্থান ও সাইজ নির্ণয় কর।

[Two convex lenses of focal lengths 8 cm. and 4 cm. respectively are placed at a distance of 8 cm. apart and an object, 1 cm. high is situated

on their common axis 4 cm. in front of the lens of smaller focal length. Calculate the position and size of the final image.]

[Ans. 2 cm. behind the lens of bigger focal length ; 1·5 cm.]

19. 6 cm উচ্চ একটি বস্তুকে একটি উত্তল লেন্স হইতে 40 cm দূরে রাখা হইল। লেন্সের অপর পার্শ্বে 4 cm উচ্চ একটি উল্টা প্রতিবিম্ব গঠিত হইল। ছক কাগজের সাহায্যে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় কর।

[An object 6 cm. high is placed at a distance of 40 cm. form a convex lens, and an inverted image of height 4 cm. is formed on the other side of the lens. Find the focal length of the lens graphically.] (Ans. 16 cm.)

20. লেন্সের অনুবন্ধী ফোকাসদ্বয় বলিতে কি বুঝায় ? উহাদের ভিতর সম্পর্ক কি ?

[What do you mean by conjugate pair of foci of a lens ? What is their relation ?]

21. লেন্সের 'ক্ষমতা' কাহাকে বলে ? একটি অবতল লেন্সের ফোকাস-দৈর্ঘ্য 20 cm. উহার ক্ষমতা কত ?

[What is 'power' of a lens ? A concave lens has a focal length 20 cm. What is its power ?] (Ans. −5D)

22. উত্তল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয়ের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

[Describe a method for finding the focal length of a convex lens.]

[*H. S. Exam. 1961 ; P. U. 1962*]

23. একদল অভিসারী রশ্মিগুচ্ছ 20 cm. ফোকাস-দূরত্বের একটি অবতল লেন্সের ভিতর দিয়া গিয়া লেন্স হইতে 15 cm দূরে একত্রীভূত হইল। লেন্সের অবর্তমানে রশ্মিগুলি যে বিন্দুতে মিলিত হইত লেন্স হইতে তাহার দূরত্ব নির্ণয় কর।

[A convergent beam of light passes through a divergent lens of focal length 20 cm and is brought to a focus at a point 15 cm from the lens. Find the position of the point at which this beam would have been focussed in absence of the lens.] [Ans. 8·57 cm]

24. একটি বস্তুকে কোন উত্তল লেন্সের সম্মুখে এমন দূরত্বে রাখা হইল যে উহার সমান সাইজের একটি সদ্বিম্ব গঠিত হইল। অতঃপর বস্তুটিকে লেন্সের দিকে 16 cm সরানো হইল। বিম্ব তখনও সদ্ থাকিল কিন্তু আকারে তিনগুণ হইল। লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব কত ?

[An object is placed in front of a convex lens at such a distance away that the lens formed a real image of same size. Then the object is moved 16 cms towards the lens. The image still remains real but is magnified three times. Calculate the focal length of the lens.] (Ans. 24 cm)

25. একটি বস্তুকে উত্তল লেন্স হইতে কিছু দূরে রাখিয়া যে সদ্বিম্ব হইল তাহার বিবর্ধন m_1 এবং বস্তুকে x দূরে সরাইয়া যে সদ্বিম্ব হইল তাহার বিবর্ধন m_2 হইল ; প্রমাণ কর যে লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব $f=\dfrac{x}{\dfrac{1}{m_1}-\dfrac{1}{m_2}}$

[A convex lens placed a certain distance away from an object produces a real image of magnification m_1. When the object is moved at a distance x

away from the lens the image is still real but of magnification m_2. Prove that the focal length of the lens f, is given by $f=\dfrac{x}{\dfrac{1}{m_1}-\dfrac{1}{m_2}}$]

26. একটি বস্তু এবং পর্দা পরস্পর হইতে কিছুদূরে অবস্থিত। উহাদের মাঝে একটি উত্তল লেন্স রাখিয়া দেখা গেল যে লেন্সের দুইটি অবস্থান পাওয়া যায় যখন বস্তুর একটি করিয়া স্পষ্ট প্রতিবিম্ব পর্দায় গঠিত হয়। যদি লেন্সটির দুই অবস্থানের ভিতরকার দূরত্ব x এবং দুই অবস্থানে প্রতিবিম্বের বিবর্ধন m_1 এবং m_2 হয় তবে প্রমাণ কর যে লেন্সের ফোকাস দূরত্ব $f=\dfrac{x}{m_1-m_2}$

[An object is placed at a certain distance away from a screen. A convex lens situated between them can be placed in two positions, for each of which, a sharp image of the object is formed on the screen. If the distance between the two positions of the lens be x and the magnification be m_1 and m_2, then prove that the focal length of the lens, $f=\dfrac{x}{m_1-m_2}$]

27. একটি উত্তল লেন্স কোন বস্তুর 1 cm দীর্ঘ একটি প্রতিবিম্ব একটি পর্দার উপর গঠন করিল। পর্দা এবং বস্তুর অবস্থান ঠিক রাখিয়া উত্তল লেন্সকে সরাইয়া আর একবার প্রতিবিম্ব গঠন করা হইল। এই প্রতিবিম্বের দৈর্ঘ্য 0·75 cm হইলে বস্তুর দৈর্ঘ্য কত?

[An image 1 cm long of an object is formed on a screen by a convex lens. Keeping the object and screen fixed, the lens is moved until a second image is formed on the screen. If this image is 0·75 cm long, what is the length of the object?] [Ans. 0·87 cm]

28. কোন উত্তল লেন্স একটি বস্তুর সদ্‌বিম্ব লেন্স হইতে 20 cm দূরে গঠন করিল। ঐ লেন্স হইতে 5 cm দূরে একটি অবতল লেন্স রাখিলে প্রতিবিম্ব আরো 10 cm. দূরে সরিয়া গেল। অবতল লেন্সের ফোকাস-দূরত্ব নির্ণয় কর।

[A real image of an object is formed by a convex lens at a distance of 20 cm from the lens. When a concave lens is placed at a distance of 5 cm from the convex lens, the image is shifted through 10 cm. Calculate the focal length of the concave lens.] [Ans. 37·5 cm.]

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

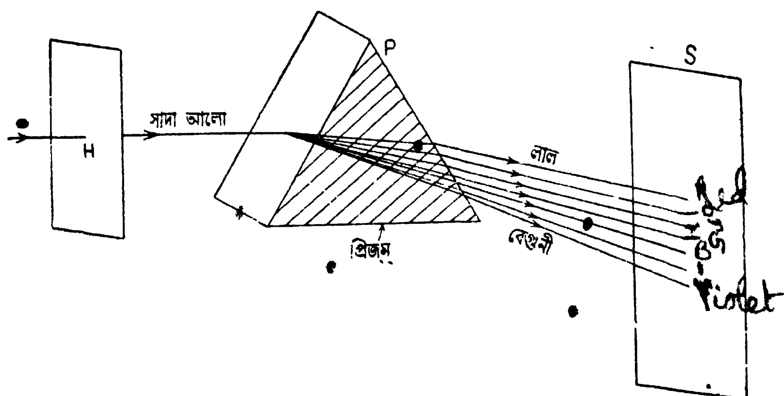
আলোকের বিচ্ছুরণ
[Dispersion of light]

5-1. আলোকের বিচ্ছুরণ :

1666 খ্রীষ্টাব্দে বিখ্যাত বিজ্ঞানী সার আইজাক নিউটন আলোকের বিচ্ছুরণ আবিষ্কার করেন। তিনি দেখিতে পান যে সূর্যরশ্মি (সাদা আলো) কাচের প্রিজমের ভিতর গেলে সাতটি বর্ণের রশ্মিতে বিভক্ত হইয়া পড়ে।

পরীক্ষা :

এক অস্বচ্ছ পর্দায় H একটি ছিদ্র (5 ক নং চিত্র)। ছিদ্র দিয়া সাদা আলোকরশ্মি একটি প্রিজম P-এর উপর আপতিত হইল। আলোকরশ্মি



সাদা আলো সাতটি রঙে বিভক্ত হইতেছে
চিত্র 5ক

প্রিজম হইতে নির্গত হইয়া যখন একটি পর্দা S-এর উপর পড়িবে তখন পর্দায় একটি বিভিন্ন বর্ণবিশিষ্ট পটি (band) দেখিতে পাওয়া যাইবে।

উক্ত বর্ণবিশিষ্ট পটিকে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে যে উহাতে রামধনুর **সাতটি বর্ণ** বর্তমান এবং উহার এক প্রান্ত লাল এবং অপর প্রান্ত বেগুনী। অন্যান্য বর্ণগুলি হইতেছে নারাঙ্গ (orange), হলদে (yellow), সবুজ (green), নীল (blue), গাঢ়নীল (indigo)। এই বর্ণগুলির ক্রমিক

অবস্থান ইংরেজী VIBGYOR (প্রত্যেক বর্ণের আদ্যাক্ষর লইয়া গঠিত) কথা হইতে পাওয়া যাইবে।

এই বর্ণবিশিষ্ট পটিকে **বর্ণালী** (spectrum) বলা হয়। (প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে সাদা রঙের আলো বিশ্লিষ্ট হইয়া সাতটি বর্ণের আলোতে বিভক্ত হইবার প্রণালীকে বলা হয় **আলোকের বিচ্ছুরণ**।)

বর্ণালী লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে বিভিন্ন বর্ণের আলোকের চ্যুতি (deviation) বিভিন্ন। বেগুনী বর্ণের আলোর চ্যুতি সর্বাপেক্ষা বেশী এবং লাল বর্ণের আলোর চ্যুতি সর্বাপেক্ষা কম। ইহাকে অনেক সময় বলা হয় যে বিভিন্ন বর্ণের আলোকের **প্রতিসরণীয়তা** (refrangibility) বিভিন্ন। হল্‌দে বর্ণের চ্যুতি লাল ও বেগুনী বর্ণের চ্যুতির মাঝামাঝি বলিয়া হল্‌দে বর্ণের আলোককে বলা হয় মধ্যবর্তী (mean) রশ্মি।

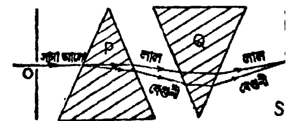
5-2. সাদা আলোর যৌগিক প্রকৃতি (Composite nature of white light) :

সাদা আলো প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে যে-সাত বর্ণের আলোতে বিভক্ত হয় তাহা প্রমাণ করে যে সাদা আলো **যৌগিক** (composite or compound)। এই সাতটি বর্ণের আলোক রশ্মির যে-কোন একটিকে পুনরায় একটি প্রিজমের ভিতর দিয়া পাঠাইলে তাহার আর কোন বর্ণ-বিশ্লেষণ দেখা যায় না—অর্থাৎ ইহারা প্রত্যেকটি **মৌলিক** (monochromatic) রশ্মি।

সাদা আলোর যৌগিক প্রকৃতি আরো ভাল্‌ভাবে প্রমাণিত হয় যদি সাতটি বর্ণের রশ্মিকে মিশাইলে পুনরায় সাদা আলোকরশ্মি পাওয়া যায়। নিম্নলিখিত বিভিন্ন উপায়ে সাদা আলোর পুনর্যোজন করা যায়।

(1) একই ধরনের দুইটি প্রিজম দ্বারা :

P এবং Q দুইটি একই ধরনের ও একই পদার্থে গঠিত প্রিজম পাশাপাশি উল্টা করিয়া বসানো। একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র O হইতে সাদা আলোকরশ্মি P-প্রিজমের উপর আপতিত হইয়া বর্ণালীতে বিচ্ছুরিত হইবে কিন্তু বর্ণালীর বিভিন্ন রশ্মি Q প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে পুনর্যোজিত হইবে এবং নির্গত রশ্মি একটি পর্দা S-এর উপর পড়িলে সাদা রং-এর আলোরূপে দেখা যাইবে (5খ নং চিত্র)।

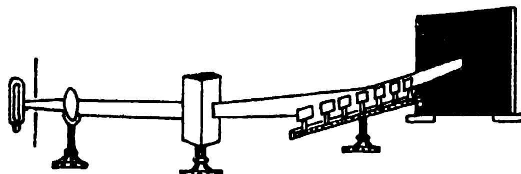


বিভিন্ন বর্ণের পুনর্যোজনা

চিত্র 5খ

(2) **আয়নার সাহায্যে ঃ**

সাদা আলোর সূর্যরশ্মি প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে বর্ণালীতে বিচ্ছুরিত হইল এবং প্রত্যেকটি বর্ণের আলো এক একটি প্রতিফলক আয়নার



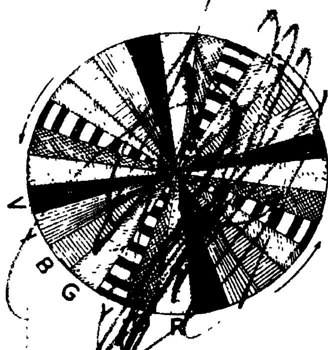
আয়নার সাহায্যে বিভিন্ন বর্ণের পুনর্যোজনা

চিত্র 5গ

উপর এমনভাবে পড়িল যে প্রতিফলিত হইয়া সব বর্ণরশ্মিগুলি পর্দায় এক জায়গায় গিয়া মিশিল (5গ নং চিত্র)। এইরূপে পুনর্যোজিত হইবার ফলে পর্দায় সাদা রং-এর আলো দেখা যাইবে।

(3) **নিউটনের বর্ণ-চাকৃতি** (Colour-disc) **দ্বারা ঃ**

ইহা একটি কার্ডবোর্ডের চাকৃতি। এই চাকৃতিকে সমান চার ভাগে ভাগ করিয়া প্রত্যেক ভাগে বর্ণালীতে যে ক্রমিক পর্যায়ে বর্ণগুলি সাজানো থাকে এবং যতখানি জায়গা দখল করে সেই অনুপাতে রং করা হয় (5ঘ নং চিত্র)। এখন, এই চাকৃতিকে জোরে ঘুরাইলে কোন বিশেষ বর্ণ দেখা যাইবে না—তৎ-পরিবর্তে চাকৃতির বর্ণ সাদা মনে হইবে। ইহার কারণ এই যে, জোরে ঘুরিবার ফলে চোখে এক বর্ণের অনুভূতি থাকিতে থাকিতে অন্য বর্ণের অনুভূতি আসিয়া পড়ে এবং এই দৃষ্টিনির্বন্ধের (persistence of vision) জন্য সাতটি বর্ণ মিশিয়া সাদা রং-এর অনুভূতি সৃষ্টি করে।



নিউটনের বর্ণ চাকতি

চিত্র 5ঘ

5-3. অশুদ্ধ ও শুদ্ধ বর্ণালী (Impure and pure spectrum) **:**

সাধারণভাবে আলোকরশ্মি প্রিজম কর্তৃক বিচ্ছুরিত হইয়া পর্দায় যে ...ি গঠন করে তাহাকে **অশুদ্ধ বর্ণালী** বলে, কারণ, এই বর্ণালীতে

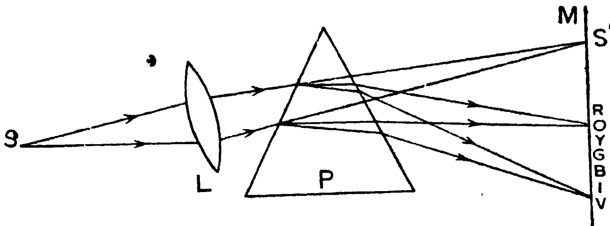
বিভিন্ন বর্ণ তাহাদের নিজস্ব জায়গা দখল করে না বা সব বর্ণ পৃথক ভাবে দৃশ্যমান হয় না। বর্ণালী অশুদ্ধ হইবার কারণ এই যে একটি মাত্র আলোকরশ্মি পাওয়া সম্ভব নয়। যতই সূক্ষ্ম হউক না কেন রশ্মিগুচ্ছে একের অধিক রশ্মি থাকিবে। সুতরাং গুচ্ছের প্রত্যেকটি রশ্মিই বিচ্ছুরিত হইয়া নিজস্ব বর্ণালী সৃষ্টি করিবে এবং পর্দায় বর্ণালীগুলি একের উপর আর একটি গিয়া পড়িবে। ফলে বর্ণালীর সব বর্ণ পৃথক্ ভাবে দেখা যায় না এবং বর্ণালী অশুদ্ধ হইয়া পড়ে।

যে-বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয় এবং বর্ণগুলি নিজস্ব জায়গা দখল করিয়া থাকে তাহাকে **শুদ্ধ বর্ণালী** বলা হয়।

5-4. শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের উপায় (Methods of producing pure spectrum) :

প্রথম পদ্ধতি :

(ক) S একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র সাদা আলো দ্বারা উদ্ভাসিত। একটি উত্তল লেন্স L এমনভাবে বসানো হইল যাহাতে M-পর্দার উপর S-ছিদ্রের একটি স্পষ্ট প্রতিবিম্ব S′ গঠিত হয় (5ঙ নং চিত্র)। এইবার লেন্স ও পর্দার মাঝখানে একটি প্রিজম P এমনভাবে বসানো হইল যেন মধ্যবর্তী হল্‌দে রশ্মি প্রিজমের ভিতর দিয়া ন্যূনতম চ্যুতিতে (minimum deviation) গমন করিতে পারে। প্রিজমের এইরূপ অবস্থানের ফলে অন্যান্য বর্ণের রশ্মিগুলিও



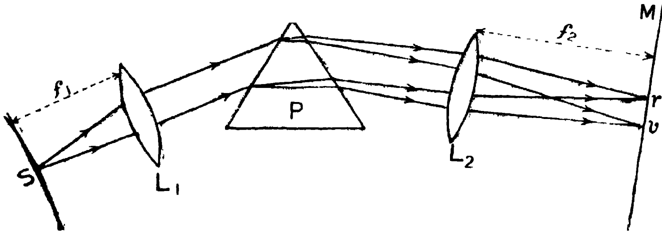
শুদ্ধ বর্ণালী গঠন

চিত্র 5ঙ

প্রায় ন্যূনতম চ্যুতিতে গমন করিবে এবং প্রিজমের অভ্যন্তরে তাহাদের পথের বিশেষ তারতম্য হইবে না। সুতরাং ছিদ্র হইতে সাদা আলো প্রিজম কর্তৃক বিচ্ছুরিত হইয়া পর্দার উপর সাতটি রঙের ছিদ্রের প্রতিবিম্ব তৈয়ারী করিবে এবং এই বর্ণগুলিকে আলাদাভাবে এবং স্পষ্ট দেখা যাইবে।

দ্বিতীয় পদ্ধতি :

(খ) S একটি সূক্ষ্ম ছিদ্র L_1 উত্তল লেন্সের ফোকাসে অবস্থিত সুতরাং ছিদ্র হইতে নির্গত সাদা আলোকরশ্মিগুচ্ছ লেন্স কর্তৃক প্রতিসৃত হইয়া



শুদ্ধ বর্ণালী গঠন

চিত্র 5চ

সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছে পরিণত হইবে। এই সমান্তরাল রশ্মিগুচ্ছ অতঃপর একটি প্রিজম P-এর উপর আপতিত হইল (5চ নং চিত্র)। প্রিজমটি মধ্যবর্তী হল্‌দে রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থানে স্থাপিত। ফলে আপতিত সাদা রশ্মিগুচ্ছ প্রিজম কর্তৃক এমনভাবে বিচ্ছুরিত হইবে যে সব লালবর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল; সব বেগুনীবর্ণের রশ্মিগুলি পরস্পর সমান্তরাল ইত্যাদি। এইবার এই বিভিন্ন বর্ণের সমান্তরাল রশ্মিগুলি আর একটি উত্তল লেন্স L_2-তে আপতিত হইলে এই লেন্স সব বর্ণরশ্মিগুলিকে পৃথক্ পৃথক্ ভাবে পর্দার উপর কেন্দ্রীভূত করিবে। সুতরাং পর্দায় স্পষ্টভাবে সাতটি বর্ণ দেখা যাইবে। পর্দাটিকে L_2 লেন্সের ফোকাস-তলে রাখিতে হইবে।

শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের শর্ত (Conditions of forming pure spectrum) :

শুদ্ধ বর্ণালী গঠনের উপরোক্ত পদ্ধতি হইতে বোঝা যায় যে, ইহার জন্য নিম্নবর্ণিত শর্তগুলি প্রয়োজন :—

(1) ছিদ্র খুব সূক্ষ্ম হওয়া প্রয়োজন—কারণ ছিদ্র বড় হইলে অনেক নির্গত হইবে এবং উহাদের প্রত্যেকের বর্ণালী একের সহিত অপরে মিশিয়া অশুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবে।

(2) একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করিয়া প্রিজমের উপর আপতিত রশ্মিগুচ্ছকে সমান্তরাল করিতে হইবে। ইহাতে একই বর্ণের রশ্মিগুলির চ্যুতি সমান হইবে।

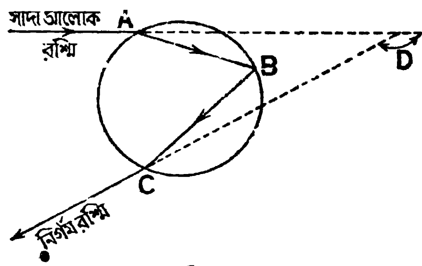
(3) প্রিজমকে মধ্যবর্তী হল্‌দে রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতির অবস্থানে স্থাপন করিতে হইবে। ফলে অন্যান্য রশ্মিও প্রায় ন্যূনতম চ্যুতিতে নির্গত হইবে।

(4) একটি উত্তল লেন্স ব্যবহার করা প্রয়োজন যাহা ছিদ্রের বিভিন্ন বর্ণের প্রতিবিম্ব পর্দার উপর গঠন করিবে—অর্থাৎ শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবে।

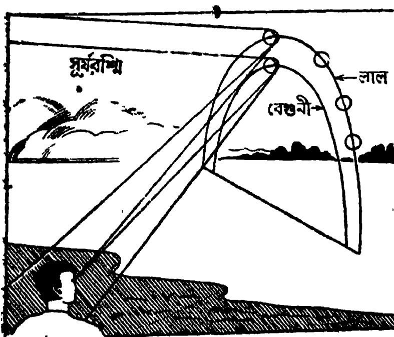
5-5. রামধনু (Rainbow) :

সকালের দিকে বা বিকালের দিকে যখন আকাশের একপ্রান্তে বৃষ্টি পড়ে এবং বিপরীত প্রান্ত হইতে সূর্যরশ্মি আসিয়া পড়ে তখন রামধনুর সৃষ্টি হয়, তাহা তোমরা সকলেই দেখিয়াছ। ইহা আর কিছুই নয় আকাশের গায়ে ধনুকের ন্যায় বাঁকানো বিভিন্ন বর্ণের সারি।

এই রামধনুর সৃষ্টি সাদা আলোকের বিচ্ছুরণের জন্য হইয়া থাকে। মনে কর, একটি সাদা সূর্যরশ্মি একটি গোলাকার বৃষ্টির ফোঁটার উপর A বিন্দুতে পড়িল। রশ্মি ফোঁটার ভিতরে প্রবেশ করিলে প্রতিসৃত হইবে এবং B বিন্দু হইতে প্রতিফলিত হইয়া পুনবায় ফোঁটার উপর C বিন্দুতে আপতিত হইবে। রশ্মিটি ফোঁটার ভিতর হইতে বায়ুতে প্রবেশ করিলে পুনরায় প্রতিসৃত হইবে (চিত্র 5ছ)। এই প্রতিসরণের ফলে রশ্মিটি বিভিন্ন রঙে বিভক্ত হইবে, যেমন সাদা রশ্মি প্রিজমের ভিতর প্রতিসৃত হইলে বিভক্ত হয়। চিত্র হইতে বোঝা যায় যে রশ্মিটি ফোঁটা হইতে বাহির হইলে উহার পথের বিচ্যুতি হয়। এই চ্যুতির পরিমাণ $\angle D$ (চিত্র দেখ)। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে কোন বিশেষ বর্ণের রশ্মি যদি ন্যূনতম চ্যুতি লইয়া নির্গত হয় এবং মানুষের চোখে পৌছায় তবে চোখে ঐ বর্ণের প্রবল অনুভূতি হয়। হিসাব করিলে দেখা যাইবে যে লালবর্ণের ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ প্রায় 138° এবং বেগুনী বর্ণের ন্যূনতম চ্যুতিকোণ প্রায় 140°.



চিত্র 5ছ



রামধনু
চিত্র 5জ

এখন, মনে কর যে, আকাশের এক প্রান্তে বৃষ্টি হইতেছে এবং বিপরীত প্রান্ত হইতে সূর্যরশ্মি বৃষ্টির কণাগুলির উপর পড়িতেছে। একজন দর্শক সূর্যের দিকে পিছন ফিরিয়া এবং বৃষ্টির দিকে মুখ করিয়া দাঁড়াইয়া আছে (চিত্র 5জ)। দর্শকের পক্ষে

আকাশের গায়ে এমন একটি বৃত্তের চাপ (arc of a circle) কল্পনা করিতে হইবে যে চাপের উপর অবস্থিত জলবিন্দুগুলি দ্বারা সূর্যরশ্মি 138° চ্যুতি-কোণে দর্শকের চোখে পৌঁছায়। তাহা হইলে ঐ জলবিন্দুগুলি দর্শকের নিকট লাল বলিয়া প্রতিভাত হইবে এবং দর্শক একটি লাল রংয়ের ধনুকের মত বাঁকানো বৃত্তাংশ দেখিতে পাইবে। ঐ জলকণাগুলি অন্য কোন রঙের রশ্মি দর্শকের চোখে পাঠাইবে না ; কারণ অন্য রঙের রশ্মির ন্যূনতম চ্যুতি-কোণ 138° নয়। তেমনি যদি আর একটি বৃত্তের চাপ কল্পনা করা যায় যে চাপের উপর অবস্থিত জলবিন্দুগুলি দ্বারা সূর্যরশ্মি 140° চ্যুতি-কোণে দর্শকের চোখে পৌঁছায় তবে দর্শক ঐ বৃত্তাংশকে বেগুনী রঙের দেখিবে। এইভাবে অন্যান্য রঙের বৃত্তাংশও দর্শকের চোখে প্রতিভাত হইবে। ইহাকে প্রাথমিক (primary) রামধনু বলে। কখন কখন প্রাথমিক রামধনুর উপরে আর একটি অস্পষ্ট রামধনু দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাকে গৌণ (secondary) রামধনু বলে।

প্রাথমিক রামধনুর বৃত্তের বাহিরের দিকে লাল এবং ভিতরের দিকে বেগুনী বর্ণ থাকে। অন্যান্য বর্ণগুলি এই দুই বর্ণের মাঝখানে নিজস্ব জায়গা অধিকার করিয়া থাকে। গৌণ রামধনুতে বর্ণের সজ্জা ইহার উল্টা, অর্থাৎ বৃত্তের বাহিরে থাকে বেগুনী এবং ভিতরে থাকে লাল।

সারাংশ

প্রিজমের ভিতর দিয়া যাইবার ফলে সাদা রঙ-এর আলো বিশ্লিষ্ট হইয়া সাতটি বর্ণের আলোতে বিভক্ত হইবার প্রণালীকে আলোকের বিচ্ছুরণ বলে এবং এই বর্ণের পটিকে বলা হয় বর্ণালী। সার আইজ্যাক্ নিউটন প্রথম ইহা আবিষ্কার করেন।

সাদা আলোকরশ্মি যে সাত রঙ-এর আলোকরশ্মিতে বিভক্ত হয় তাহাদের বিভিন্ন উপায়ে পুনর্যোজন করিয়া সাদা রঙ সৃষ্টি করা যায়। ইহা সাদা আলোর যৌগিক প্রকৃতির প্রমাণ।

অশুদ্ধ ও শুদ্ধ বর্ণালী :—

যে বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক্ ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান নয় ও বিভিন্ন বর্ণগুলি নিজস্ব জায়গা দখল করে না তাহাকে অশুদ্ধ বর্ণালী বলে।

যে-বর্ণালীতে বিভিন্ন বর্ণ পৃথক ও স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয় ও বিভিন্ন বর্ণগুলি নিজস্ব জায়গা দখল করে তাহাকে শুদ্ধ বর্ণালী বলে।

বিভিন্ন উপায়ে শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করা যায়।

রামধনু : সূর্যের সাদা আলো বৃষ্টির ফোঁটা কর্তৃক প্রতিসৃত ও বিচ্ছুরিত হইয়া রামধনু সৃষ্টি করে। প্রাথমিক রামধনুর বৃত্তের বাহিরের দিকে লাল ও ভিতরের দিকে বেগুনী বর্ণ থাকে। গৌণ রামধনুতে উহার উল্টা।

প্রশ্নাবলী

1. আলোকের বিচ্ছুরণ বলিতে কি বুঝায় ? বর্ণালী কাহাকে বলে ?

[What is dispersion of light ? What is called a spectrum]

[cf. *H. S.* (*comp.*) *1962*]

2. সাদা আলোকের যৌগিক প্রকৃতি কিরূপে প্রমাণ করা যায় ?

[How can you prove the composite nature of white light ?]

3. শুদ্ধ ও অশুদ্ধ বর্ণালী কাহাকে বলে ? পর্দার উপর শুদ্ধ বর্ণালী গঠন করিবার প্রণালী বর্ণনা কর।

[What are pure and impure spectrum ? Describe a method for producing a pure spectrum on a screen.] [*H. S. (comp.) 1962*]

4. আলোকের বিচ্ছুরণ বলিতে কি বুঝায় ? রামধনুতে কি কি রং দেখা যায় ? সাদা আলোতে রামধনুর সব কয়টি রং আছে তাহা প্রমাণ করিবার একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। একটি পরিষ্কার ছবি আঁক।

[What is dispersion of light ? What are the colours seen in a rainbow ? Describe an experiment to prove that the colours of the rainbow are present in white light. Give a neat diagram.] [*H. S. Exam. 1962*]

[OBJECTIVE TYPE QUESTIONS]

(A) Alternate Response Type :

(i) Yes or No type :

(ক) সকল মাধ্যমে আলোর গতিবেগ কি সমান ? —

(খ) আলো-কে কি একপ্রকার শক্তি বলিয়া গণ্য করা সম্ভব ? —

(গ) বর্ণালীর বিভিন্ন বর্ণের চ্যুতি কি তরঙ্গ-দৈর্ঘ্যের উপর নির্ভর করে ? —

(ঘ) লঘু মাধ্যম হইতে ঘন মাধ্যমে আলোক রশ্মি প্রবেশ করিলে রশ্মির গতিপথ কি আপতন বিন্দুতে অঙ্কিত অভিলম্বের দিকে বাঁকিয়া যায় ? —

(ঙ) এক মাধ্যম হইতে অন্য মাধ্যমে আপতিত হইলে রশ্মির সব অংশই কি প্রতিফলিত হয় ? —

(ii) True or False type :

(ক) যদি প্রতিফলকের তল অমসৃণ হয় তবে প্রতিফলন বিক্ষিপ্ত হয়; কিন্তু গুচ্ছের প্রতিটি রশ্মির নিয়মিত প্রতিফলন হয়। —

(খ) কোন মাধ্যমের প্রতিসরাঙ্ক আলোকের বর্ণের উপর নির্ভর করে না। —

(গ) আপতিত রশ্মির কোন দিক্ পরিবর্তন না করিয়া দর্পণকে কোন কোণে ঘুরাইলে প্রতিফলিত রশ্মি উহার সমান কোণে ঘুরিবে। —

(ঘ) কোন সরু লেন্সের আলোক-কেন্দ্রের মধ্য দিয়া আলোকরশ্মি গেলে রশ্মির কোন প্রতিসরণ হয় না। —

(ঙ) সাদা আলোর প্রকৃতি যৌগিক ; কিন্তু বর্ণালীর অন্যান্য রঙের রশ্মির প্রকৃতি মৌলিক। —

(B) Recall type :

(ক) প্রতিফলনের সময় আপতন কোণ সর্বদা প্রতিফলন কোণের— হইবে। —

(খ) আপতন কোণের সাইন ও প্রতিসৃত কোণের সাইনের অনুপাত সর্বদা — হয়। —

(গ) উত্তল লেন্সকে — লেন্স বলা হয়। —

(ঘ) সাদা আলো প্রিজমের ভিতর দিয়া গেলে — রঙে বিভক্ত হয়। —

(C) Completion type :

(ক) যখন কোন বিন্দু—(*a*) হইতে আগত রশ্মিগুচ্ছ—(*b*) বা প্রতিসৃত হইয়া অন্য কোন বিন্দুতে—(*c*) হয় বা অন্য কোন বিন্দু হইতে—(*d*) হইতেছে বলিয়া মনে হয়, তখন ঐ দ্বিতীয় বিন্দুকে প্রথম বিন্দু প্রভবের—(*e*) বলা হয়।

—(*a*) —(*b*) —(*c*) —(*d*) —(*e*)

(খ) রশ্মি ঘন মাধ্যম হইতে —(*a*) মাধ্যমে গেলে এবং আপতন কোণ মাধ্যমদ্বয়ের —(*b*) কোণ অপেক্ষা —(*c*) হইলে রশ্মির পূর্ণ আভ্যন্তরীণ —(*d*) হয়।

—(*a*) —(*b*) —(*c*) —(*d*)

(গ) তাপ, বিদ্যুৎ প্রভৃতির ন্যায় আলোকও একপ্রকার —(*a*) ; আলো বস্তুকে —(*b*) করে কিন্তু নিজে —(*c*)।

—(*a*) —(*b*) —(*c*)।

(D) Multiple choice type :

(ক) প্রিজমের ভিতর দিয়া সাদা আলো গেলে যে প্রণালীতে উহা বিভিন্ন রঙের রশ্মিতে বিভক্ত হয় উহাকে কি বলে ? উ। প্রতিসরণ, প্রতিফলন, বিচ্ছুরণ।

(খ) সূর্যগ্রহণের সময় কোন্ বস্তু আলোকরশ্মির পথে প্রতিবন্ধক হিসাবে কাজ করে ?

উ। চন্দ্র, পৃথিবী, সূর্য।

(গ) কোন রশ্মি অক্ষের সমান্তরালভাবে আসিয়া উত্তল লেন্সে পড়িলে কোন্ দিকে যাইবে ? উ। ফোকাস-বিন্দুর মধ্য দিয়া, আলোককেন্দ্রের মধ্য দিয়া, অক্ষের সমান্তরালভাবে।

(ঘ) অবতল লেন্স সর্বদা কি ধরনের প্রতিবিম্ব গঠন করে ?

উ। সদ্, অসদ্, উল্টা, সোজা।

BOARD OF SECONDARY EDUCATION
WEST BENGAL

HIGHER SECONDARY EXAMINATION QUESTIONS

1960 : PHYSICS—First Paper

Group A (Answer *any two*)

1. State and explain the Principle of Archimedes.

Apply it to determine the volume of a body which sinks in water.

A specific gravity bottle completely filled with water, with mercury and with copper sulphate solution weighs respectively 45 gm., 297 gm., and 49 gm. ; calculate the density of the solution, that of mercury being 13·6 gm./c c. 2+3+5+5

2. What do you mean by "acceleration due to gravity" ?

What are the units in which this quantity is expressed in the *c. g. s.* and *f. p. s.* systems ?

Define 'weight of a body'.

Describe an instrument by which the weight of a body can directly be measured. Give a neat diagram of the instrument.
2+4+2+5+2

3. Explain the meaning of the statement that the atmospheric pressure at a place is 760 *mm.* of mercury. Calculate its value in the *c. g. s.* units at a place where $g=980$ *c. g. s.* units. (Density of mercury = 13·6 gm /c.c.)

Describe the construction of a simple mercury barometer.

A bubble of air is introduced into the space above the mercury of a good barometer, 1 *sq. cm.* in cross-section, and the mercury column falls from 75 *cm* to 65 *cm.* If the space before introduction of air was 6 *cm* long, calculate the volume which the introduced air will occupy at normal atmospheric pressure. 2+3+5+5

4. Define 'Longitudinal stress'. 'Longitudinal strain' and 'Young's modulus'.

Derive the unit in which Young's modulus should be expressed in the *c. g. s.* system.

Find the load, in kilograms, required to stretch a vertical steel wire, 628 *cm* long and 2 *mm* in diameter, by one more *millimetre* in length. Y for steel $=2\times10^{12}$ *c. g. s.* units and $g=980$ *c. g. s.* units.

Group B (Answer *any two*)

5. Describe the construction of a Doctor's thermometer. Give a neat diagram. 5+2

Why should the thermometer be of uniform bore ? Find the temperature which will be expressed by the same number both on the Fahrenheit and the Centigrade scales. 3+5

6. *Either*, Explain 'specific heat of lead is 0·03.' Define 'Thermal capacity.' 2+2

Two exactly similar kettles—one containing water and the other an equal mass of milk—are placed side by side on fire. The rise of temperature of milk is found to take place at a quicker rate than in the case of water. Explain. 3

Indicate briefly how you would determine the specific heat of a solid. 4

200 gm. of lead are heated upto 100°C and dropped into a vessel containing 200 gm. of a liquid of sp. heat 0·5. If the initial temperature of the liquid were 0°C, find its final temperature, assuming that the vessel does not absorb any heat. 4

Or, Define the term 'co-efficient of linear expansion of a solid'. 2

How does it depend on the scales of length and temperature used ? Work out the relation between the co-efficients of linear and cubical expansion of the same solid. 2+2+4

What must be the length of a rod of zinc at 59°F., if its length is to increase by 5 *mm.*, when the temperature is raised to 100°C. ? (Co-efficient of linear expansion of zinc=0·000029 per degree centigrade.) 5

7. Define 'Dew point'. 3

Of what use is it when it has been found ?

What is the condition of the atmosphere when its dew point is equal to the temperature of the atmosphere ? If the temperature of a room is raised, explain what the effect will be on (i) the dew point, (ii) the relative humidity of the atmosphere in the room. 3+3

8. Mention two common examples to illustrate transformation of work into heat. 4

Explain "mechanical equivalent of heat is 4·2 Joules" per calorie. 4

What is a Joule ? 2

How much work must be done to supply the heat necessary to convert 50 gm. of ice at 0°C into water at 100°C ?

(Latent heat of fusion of ice=80 calories/gm.)

Group C (Answer *any one*)

9. Describe experiments to illustrate

(i) how sound is produced, and (ii) that a medium is necessary for the transmission of sound. 4+4

A gun is fired from a fort at a fixed hour. An observer, from a distance, sets his watch by the report of the gun, but finds later that it is slow by half a minute. Can you say, why? 2

Can you calculate the distance (in miles) of the fort from the observer, assuming the velocity of sound to be 1,100 ft/sec.? 4

10. What is the function of the hollow body of a violin? 3

How is it that the sound of a violin appears to be different from that of a piano although the same tune is played on both? 4

Define the terms 'Fundamental' and 'Harmonic'.

If the fundamental be emitted by a length of 24 cm. of a wire of a violin, what length of the same wire will emit the next octave? 5

1960 : PHYSICS—Second Paper

Group A (Answer *any two*)

1. State the laws of reflection of light.

Show that the rays from a luminous point falling upon a plane mirror proceed after reflection, as though they diverge from a single point. 3

What is that point called? What is its position? And nature? 3

When a plane mirror is rotated through an angle show that a ray reflected therefrom is turned through an angle twice as much. 5

2. Define 'refractive Index' and explain the terms 'critical angle' and 'total internal reflection'. Find a relation between the critical angle and refractive index. 3+3+3+3

Trace the path of a ray falling normally upon a 60° prism of glass—the critical angle for glass being 42°. (Consider only two faces of prism.) 3

3. Explain, with a diagram, the working of a pin-hole camera. 8

What is the effect of increasing the size of the hole? 3

A man, $5\frac{1}{2}$ feet high, is standing at a distance of 5 feet from a street lamp, the flame of which is 9 feet above the horizontal road-way. Find the length of the man's shadow. 4

4. Define "focal length" of a convergent lens. 2

Draw a neat diagram to show how a convergent lens forms a real image of a linear object placed perpendicular to the axis of the lens. 3

Hence deduce a relation between the object-distance, the image-distance and the focal length of the lens. 5

Find the position, nature and size of the image of an object, 1 inch high, placed, in front of a convex lens, at a distance of twice the focal length of the lens. 5

Group B (Answer *any three*)

5. How would you prepare a small bar magnet ? 5

State the nature of polarity developed at the ends of the bar. How would you test the polarity ? 2+2

Describe the nature of the earth's magnetic field. 6

6. Give the diagram of a gold leaf electroscope with index of parts. (No description is necessary). 8

How is the instrument to be used for testing the nature of charge on an insulated conductor. 4

'Repulsion is the surer test of electrification'—Explain. 3

7. State and explain the defects of a simple voltaic cell. 2+9

What is meant by the terms 'Electromotive Force' and 'Potential Difference' as applied to cells. 2+2

8. How do you arrange two resistances (i) in parallel and (ii) in series ? 4

Find out the effective resistance in each case. 3+3

Two lamps, each of resistance 50 ohms, are arranged in series with 100 cells, all joined in series. If the internal resistance of each cell be 1 ohm and the *e. m. f.* of each cell 1·5 volts, calculate the current in the lamps. 5

9. Describe Barlow's wheel and explain its action. Give a neat diagram. 1+4

What does this illustrate ? 3

10. You are given a coil of wire connected to the terminals of a sensitive galvanometer. State, giving reasons, what will happen when—

(i) the N-pole of a bar-magnet is quickly introduced into the coil :

(ii) it is kept there.

(iii) it is quickly withdrawn. 5+5+5

1960 : PHYSICS (Compartmental)—First Paper

Group A (Answer *any two*)

1. Distinguish between 'density' and 'specific gravity'. Prove that they are expressed by the same number in the C. G. S. System.

Calcuate the height, in metres, of a vertical column of glycerine (sp. gr. 1·26) which will balance the atmospheric pressure at a place where the barometric height is 756 mm. (Density of mercury = 13·6 gm/cc)

2. Explain the meanings of 'Pressure' and 'Thrust' as applied to a liquid.

How would you prove experimentally that the pressure at a point inside water is the same in all directions ?

The depth of a sea at a point is 4320 ft. What is the pressure in pounds per sq. inch at the bottom of the locality ? [Neglect pressure of air on the surface. 1 c. ft. of fresh water weighs 62·4 pounds : sp. gr. of sea-water is 1·03.]

3. What is a Vernier and what is meant by Vernier constant ? If 19 division of the main scale coincide with 20 division of the vernier scale, what is the Vernier constant ? (One division of the main scale = 1 *mm*).

In reading the height of the mercury column in a barometer in which the above Vernier is provided it is found that the main scale reading is 756 *mm* and the 16th division of the Vernier scale coincides with a division of the main scale, what value does this give for the barometric height ?

4. Explain the action of a siphon. State its use.

What conditions must be fulfilled for the working of a siphon ?

It is required to siphon kerosene (sp. gr. = 0·8) over an obstacle. What must be the limiting height of the obstacle which will render siphoning just possible ? (Atmospheric Pressure = 30 inches of mercury)

Group B (Answer *any two*)

5. Explain how the fixed points of a thermometer are determined.

How could a thermometer be used to find whether the atmospheric pressure were above or below the normal ?

The readings of a faulty centigrade thermometer at the lower and upper fixed points are respectively +0·5 and 100·8 Find the correct temperature on the centigrade scale when the faulty thermometer reads 20.

6. *Either*, Define the terms "Calorie" and 'B. Th. U."

Distinguish between the "Water-equivalent" and the 'Thermal Capacity' of a body.

State the units used in expressing them in any one system.

An iron sauce pan contains 100 gms of water at 25°C. 50 gms. of water at 60°C are poured into the pan and the resultant temperature is found to be 35°C. Calculate the water equivalent of the pan assuming no loss of heat by radiation or otherwise. If the mass of the pan be 238 gms., what is the specific heat of iron ?

Or, Distinguish between the coefficients of real and apparent expansion of a liquid.

How are they related ? 3

A long glass tube of uniform capillary bore contains a thread of mercury, 1 metre long, at 0°C. When the temperature is raised to 100°C, the thread of mercury is found to be 16·5 *mm.* longer. If the co-efficient of absolute expansion of mercury be 0·000182, calculate the coefficient of linear expansion of glass. 6

7. Explain any *three* of the following statements— 5+5+5

(*a*) Water can be made to boil at any temperature, above or below 100°C.

(*b*) Vapour-pressure of a liquid at 25°C is 30 *mm.*

(*c*) Wet clothes usually dry sooner in winter than in the rainy season though the temperature during the rainy season is higher.

(*d*) A glass tumbler is seen to "cloud over" on the outside when ice-cold water is poured into it.

(*e*) Two blocks of ice when pressed together from a single mass.

8. What are the different modes of propagation of heat ? 3

Explain each of them with suitable illustrations. 6

Explain the working of Davy's Safety Lamp. 6

Group C (Answer *any one*)

9. Explain, with the help of a suitable diagram the mode of propagation of sound, through air, emitted by a vibrating tuning fork. 6+4

If the distance between a pair of adjacent condensations in air be $1\frac{1}{3}$ metres when the sound of a tuning fork is propagated through it and the velocity of sound in air be 320 metres/sec, what is the frequency of the tuning fork ? 5

10. What is an echo ? 4

Explain how the phenomenon of echo is employed to measure the depth of oceans. 6

A man standing away from a cliff hears the echo of a sound 2 seconds after it was produced by him. What is the distance of the cliff from the man ?

(Velocity of sound in air=320 metres/sec.) 5

1960 : PHYSICS (Compartmental)—Second Paper

Group A (Answer *any two*)

1. The image formed by a single reflection at a plane mirror is said to be "laterally inverted" Explain this. 5

If a man runs towards a plane mirror at the rate of 5 ft/sec. at what rate will he approach his image ? 5

Calculate the minimum size of a plane mirror, fixed on the wall of a room, in which an observer can see the full size of himself. 4

2. Distinguish between "Umbra" and "Penumbra". 4

State the physical principle involved in the formation of shadows. 2

Indicate, by means of neat diagram, the regions of Umbra and Penumbra, if any, due to spherical obstacle by— 3+3+3

(i) a point source of light ;

(ii) a luminous sphere smaller in size than the obstacle ;

(iii) a luminous sphere larger in size than the obstacle.

(No description is necessary)

3. State Snell's Law Refraction.

How would you verify the Law ? 5

Explain any *two* of the following statements :— 4+4

(i) To an observer standing beside a swimming pool, water appears to be less deep than it really is.

(ii) A smoked ball on being introduced into a beaker of water appears silvery white.

(iii) The image of a pin seen through a glass prism, by sun's light appears coloured.

(iv) A number of images is visible when a bright object is held in front of a thick plane mirror silvered at the back.

4. Distinguish between a real and a virtual image. 3

Show *only* by a diagram, how convex lens can be made to give (*a*) a virtual, (*b*) a real image of an object. 6

An object, 4 cm. long is placed 100 cm. in front of a convex lens of focal length 20 cm. perpendicular to the axis of the lens. What is the position, nature and size of the image formed ? 6

Group B (Answer *any three*)

5. What is the difference between a permanent magnet and a magnetic substance ? 3

How would you distinguish one from the other ? 3

Explain magnetic induction. 3

The N-pole of a strong magnet A is made to approach the N-pole of a freely suspended weak magnet B.

State and explain how the N-end of B would behave, (a) while A is at some distance from B, (b) when A is brought quite close to B.

6. By what experiment would you prove that both positive and negative electrifications are produced simultaneously and in equal quantities by friction. 6

What is electron ? 4

Explain the phenomenon of electrification by friction from the point of view of Electron Theory. 5

7. How would you set up a Leclanche cell ? 4

Show how the chief defects of a simple Voltaic cell are overcome in the Leclanche cell.

A wire of resistance 20 ohms is connected to the terminals of a battery of 4 cells in series, each of *e. m. f.* 1·5 volts and internal resistance 1·2 ohms. Calculate the strength of the current in the wire. 4

Draw a neat figure in connection with the problem. 2

8. State Ohm's Law explaining clearly the symbol used. 3

Show that the law provides a definition of electrical resistance. 2

What are the factors upon which the resistance of a wire depends ? 4

One kgm. of copper is drawn up into a wire, (a) 1 mm. diameter, (b) 2 *mm.* diameter. Compare their resistance at the same temperature. 6

9. Describe the construction of an electromagnet. Give a neat diagram. 4

If a particular end of the electromagnet is to be the north Pole, show, in the diagram, the direction of the current through the coil. 2

How does it differ from an artificial magnet ? 3

10. Describe Roget's vibrating spiral and explain the principle of action of the apparatus. 10

A wire is connected to the terminals of hidden battery. Devise an experiment to find out which end of the wire is connected to the positive pole of the battery ?

1961 : PHYSICS—First Paper

Attempt any **two** *questions from Group A, any* **two** *from group B, and only* **one** *from group C.*

Group A

1. State Newton's second law of motion and explain how the unit of force is derived therefrom.

Define the Absolute and Gravitational units of force in the Metric and the British systems.

A force of 100 dynes acts upon a mass of 25 gms. for 5 seconds. What velocity does it generate ? 3+4+4+4

2. Describe the principle and action of a Hydraulic Press. Give a neat sectional diagram.

A bottle is completely filled with oil and corked. If the diameters of the neck and bottom of the bottle be one-half inch and 3 inches respectively, calculate the thrust on the bottom when the cork is pressed with a force of 5 lbs. wt. 5, 5, 5

3. Distinguish between Potential energy ann Kinetic energy, stating how they are measured.

What is a 'Horse Power' ?

What should be the H. P. of an engine which is intended to pump 250 gallons of water per minute to a height of 40 yards ?

[One gallon of water weighs 10 pounds.] 4+4+2+5

4. What is Torricelli's vacuum ?

Is it, strictly speaking, a vacuum ?

State, giving reasons, what happens in the following cases :

(a) A glass tube, 50 inches long, closed at one end, is entirely filled with mercury and inverted vertically over a trough of mercury.

(b) The tube is inclined to the vertical.

(c) The tube is replaced by one with a wider bore.

The volume of a bubble of air is doubled in rising from a depth of h metres in a sea to the surface. If the barometric height be 750 mm. and the relative densities of mercury and sea-water are respectively 13·58 and 1·05, calculate h. 2+2+6+5

Group B

5. Give a labelled diagram of the apparatus you would use for determining the highest day temperature and the lowest night temperature in a room.

Explain how the apparatus is read and set.

The highest temperature on a certain day was observed to be 120·2° on the Fahrenheit scale. What should have been the corresponding indication on the Centigrade scale ? 6+4+5

6. Explain the meaning of Latent heat of fusion of a substance.

Describe how you would determine melting point of paraffin.

What is the result of mixing 8 lbs. of copper at 100°C with 2 lbs. of ice at 0°C ? [Specific heat of copper = 0·1, Latent heat of fusion of ice = 80 calories/gm.] 4+6+5

7. Distinguish between 'Saturated' and 'Unsaturated' vapour.

Devise a simple experiment by which the aqueous tension at the room temperature may be determined.

A brass pitcher and a porous earthenware jar are both filled with water and placed side by side in air. Would you notice any difference in temperature between the two, after some time ? If so, why ? 4+6+5

8. Mention *two* examples which lead to the conclusion that heat is a form of energy.

What relation has been established between work done and heat developed ?

Define Joule's equivalent. What is the value in the *c. g. s* system ?

An iron ball having fallen from rest through 30 metres contains kinetic energy sufficient to raise the temperature through 0·7°C. What value does this give for the mechanical equivalent of heat ?

[Specific heat of iron = 0·1, $g = 980$ cms./sec^2] 4, 2, 2, 5

Group C

9. What is a tuning fork ? What is the special characteristic of the sound it emits ?

By what device can the sound of a tuning fork be made audible to a large audience ?

You are supplied with two tuning forks, the frequency of one being known. How would you determine the number of vibration executed per second by the other tuning fork ? 4, 2, 3, 6

10. What experiment leads you to believe that sound is not propagated through empty space ?

Two observers 'A' and 'B' are stationed in open air, one mile apart. 'A' fires a gun ; 'B' sees the flash and 5 seconds later, hears the report of the gun. Calculate the velocity of sound in air.

Will the velocity, as determined in above problem, be affected by wind ? If so, how can the effect of wind be eliminated ? 6+5+4

1961 : PHYSICS—Second Paper

Attempt only **two** *questions from group* **A** *and* **three** *from group* **B**

Group A.

1. How are shadows formed ?

Explain, with the aid of a diagram, the formation of umbra and penumbra caused by an opaque spherical obstacle when light from a larger luminous sphere falls upon the obstacle.

Explain the condition in which total eclipse of the moon occurs.
4, 6, 5

2. How would you experimentally verify the laws of reflection ? Describe an experiment to show that the image of a luminous point, formed by a plane mirror is as far behind the mirror as the luminous point is in front.

What deviation is produced by reflection at a plane surface when the angle of incidence is 60° ? Explain by a diagram.

6, 5, 4

3. What is dispersion of light ?

What are the colours seen in a Rainbow ?

Describe an experiment to prove that the colours of the Rainbow are present in white light.

Give a neat diagram. 3, 3, 6, 3

4. Explain, by a diagram, what you mean by the 'Principal Focus' of a convergent lens.

Describe a method of determining the focal length of a convex lens.

A object is placed 30 cms. in front of a convex lens of focal length 10 cms. Where will the image be formed ? State the nature of the image.

How many times is the image magnified or diminished ?
2, 5, 4, 2, 2,

Group B

5. Give an idea of the distribution of magnetism along the length of a bar magnet.

You are given a bar magnet, a rod of brass and a rod of soft iron. With nothing but the bars at your disposal, how would you identify them ?

If you break a bar magnet successively into a number of pieces, what will you notice ?

What is the conclusion you are led to ? 4, 5, 3, 3

6. Describe an experiment to illustrate the phenomenon of electrostatic induction.

By what experiments would you prove that electricities generated by electrostatic induction are equal in quantity but opposite in kind ?

The cap of a gold-leaf electroscope is charged with positive electricity and the leaves diverge. State what would happen when an insulated metal rod is brought close to the cap, if

(*a*) the rod is uncharged.

(*b*) the rod is negatively charged.

(*c*) the rod is positively charged. 3, 3, 9

7. A wire carrying a rather strong current is held over a compass-needle. How is the direction in which the needle points affected when,

(*a*) the wire lies north and south,

(*b*) the direction of the current is reversed.

How would you ascertain, from the movement of the north end of the compass-needle, the direction of current in the wire ?

State any Rule in support of your answer. 6, 6, 3

8. Describe and explain the action of a calling bell.

Draw a neat diagram of the circuit used.

Would the working of the bell be affected by a reversal of the current in the circuit ?

If a calling bell is worked with a pair of cells in series, each of *e. m. f.*=1·5 volts and internal resistance=1·8 ohms, find the resistance of the coil, the current in it being 0·5 amphere.

9. Describe a simple method of verifying Ohm's Law. Give a neat sketch of the circuit employed.

The ends of a uniform wire—one metre long—are connected to the terminals of a battery (*e.m.f.*=2·1 volts, internal resistance= 1·5 ohms). Find, in milli-volts, the fall of potential per unit length of the wire if the resistance of the wire be 2 ohms.

6, 3, 6

10. What is an induced current ?

Describe two typical experiments by which the production of induced currents may be illustrated.

What conditions determine (*a*) the direction, (*b*) the duration, (*c*) the magnitude of the induced current ? 3, 6, 6

1961 : PHYSICS (Compartmental)—First Paper

Group A (Attempt **any two**)

1. State and explain Pascal's principle on the transmission of liquid pressure.

How can you apply this principle for obtaining multiplication of force.

A bent tube, containing paraffin oil in one limb and water in the other is placed vertically on the table. If the top and bottom of paraffin oil column from the table are respectively 18·4 and 6·4 inches and the top of the water column is 16·6 inches from the table, calculate the specific gravity of paraffin oil. 6+5+4

2. State the laws of oscillation of a simple pendulum. If the length of a second's pendulum be 100 cms. find the length of the pendulum which makes 25 oscillations per minute, at that place.

Will a pendulum clock gain or lose when (*i*) taken to the top of a mountain ? (*ii*) The brass bob is replaced by a wooden bob of the same size ? (*iii*) The diameter of the bob is diminished ? Give reasons. 4+5+6

3. State Boyle's law and describe how you would verify it for pressures greater than one atmosphere. Give a sectional diagram of the apparatus you would use.

When the barometer stands at 75 cms a quantity of air, 10 c.c in volume at the atmospheric pressure, is introduced into the vacuum of the barometer. The mercury immediately falls to 25 cms. What volume does the air occupy inside the barometer tube ? 3+5+3+4

Group B (Attempt **any two**)

4. Describe the action of a single-barrel air pump. Give a neat schematic diagram of the Pump.

What is its limitation ? 6+5+4

5. Distinguish between 'sensible' heat and 'latent' heat.

State in general terms, the effect of application of heat to ice. say at -8°C , until the temperature of 50°C. is reached.

Calculate the amount of heat supplied, in the above cases, if the mass of ice be 10 gms. (Specific heat of ice $= 0·5$, latent heat of fusion of ice$=80$ calories/gm.) 4+6+5

6. Define 'coefficient of cubical expansion.'

If a block of copper be heated, in the solid state, how will its density be affected ?

Establish a mathematical relation between the volumes of a body at a higher and lower temperature.

A rectangular block of copper ($8'' \times 5'' \times 1''$) at 0°C is heated to 800°C. Calculate the increase in volume.

(Coefficient of linear expansion for copper $= 0{\cdot}16 \times 10^{-4}$ per degree centigrade.) 2+3+5+5

7. What are the different processes by which nature tries to equalise the temperature of different bodies ?

Explain each process with a suitable example.

Give reasons for the following statements :—

(a) 'Water may be boiled in a paper box without charring the paper.' (b) 'It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire.' 3+6+6

8. Distinguish between 'evaporation' and 'boiling'.

What do you mean by 'hygrometric state' of air ?

Describe any apparatus with the help of which the hygrometric state of the air may be determined.

Draw a neat sketch of the appartus you describe. 3+2+6+4

Group C (Attempt **any two**)

9. How does the frequency of a vibrating string depend on (i) the length, (ii) the tension of the string ?

State giving reasons, how the pitch of the note emitted by the string of a musical instrument will change when (i) the tension is quadrupled, (ii) the length is halved.

A stretched wire under a tension of 1 kgm. is in unision with a tuning fork of frequency 320. What alteration in the tension would make it vibrate in unision with a fork of frequency 256 ?

10. A vibrating tuning fork (of frequency 256, say) is held at the mouth of an open air (40 in. tall) jar and water is gradually and carefully poured into the jar. State what will happen.

How would you determine the velocity of sound in air by an experiment of this kind ?

A tuning fork of frequency 250 produces resonance in a glass tube with an air-column of 35 cms. For what length of air-column will resonance be produced with a tuning fork of frequency 350 ? 4+6+5

(Neglect end correction.)

1961 : PHYSICS (Compartmental)—Second Paper

Group A (Attempt **any two**)

1. The path of light is rectilinear in a homogeneous medium. Describe two experiments in support of the statement.

The sun subtends the same angle as a half-penny at a distance of 10 ft. Give a diagram showing the size and nature of the shadow of the half-penny cast by the sun on a surface parallel to and at a distance of 5 ft. from the half-penny. 5+5+5

2. Two mirrors are inclined to each other at an angle of 90°. Draw a diagram and show how multiple images are formed of an object placed between them.

Prove that a man can see the whole of his person in a mirror the length of which is half his own height. 10+5

3. A glass Prism has refracting angle of 90°, the other angles being 45°. Draw accurately the path of a ray incident normally on one of the refracting faces.

What is the deviation produced ?

Explain the phenomenon involved.

Why such a device is preferred in the construction of a Periscope ? 3+3+9+3

4. Explain what you mean by 'Real' and 'Virtual images'.

Draw diagrams illustrating how (i) a magnified real image, (ii) a magnified virtual image is produce by a convergent lens.

Where must an object be placed in front of a convex lens of focal length 20 cms. in order that the image may be real and magnified three times ? 4+6+5

Group B (Attempt **any three**)

5. Describe how you would proceed to determine the positions of the poles of a magnet.

What is the 'magnetic' length of a magnet ?

What is the approximate relation between this length and the actual length of the magnet ?

Define magnetic axis of a magnet. 6+3+3+3

6. Given a conductor **A** on an insulating stand and a body **B**, charged negatively, how can you charge **A**, by means of **B**, (i) positively, (ii) negatively ?

A charged ebonite rod is brought in contact with the cap of a gold-leaf electroscope. The leaves are seen to diverge. But when the rod is removed the leaves collapse a little. Explain. 5+5+5

7. Explain why a simple voltaic cell is no longer used as a source of current supply.

Describe any other form of cell explaining how the defects of the original type have been overcome.

8. Describe an electric filament lamp. Why is it made air-tight ? Account for the rise of temperature in the bulb when the current is turned on.

The filament of an incandescent lamp when connected to mains of 200 volt supply has a resistance of 125 ohms. What is the current through the filament ? 5+2+3+5

9. The current flowing through a long wire is too weak to deflect a compass-needle, when stretched over and parallel to the needle. What arrangement enables you to increase perceptively the action on the compass-needle ?

What is the practical unit of resistance ? How do you define it ? A circuit contains an ammeter which reads 1·3 amperes. When a voltameter is connected to two points **A** and **B** of the circuit it reads 3·9 volts. What is the resistance of the portion of › circuit between **A** and **B** ? 6+2+2+5

10. A wire carrying a current is placed between the two poles a horse-shoe magnet, perpendicular to the magnetic field. ·w will the wire tend to move ?

State a rule by which the direction of the movement may be ·ermined. Hence explain the action of a simple motor, giving a table diagram. 5+5+5

1962 : PHYSICS—First Paper

Attempt any **two** *questions from Group A and* **two** *from Group B, and only* **one** *from Group C.*

Group A

1. Distinguish between 'Pressure' and 'Thrust' as applied to a liquid, and find a relation between them. 5

Describe a simple experimental arrangement to prove that the pressure at a point within a liquid, at rest, depends on the height of the liquid above that point. 5

In an experiment with Hare's apparatus the length of the column of water in one limb is 26·8 cms. If the specific gravity of the liquid in the other limb be 1·34, what is the length of the liquid in that limb ? 5

2. What is a simple pendulum ? What is its effective length ? State the laws of oscillation of a simple pendulum. 2+2+6

Describe an experiment to verify the law of length. 5

3. State the Principle of Archimedes. 4

How many the Principle be verified ? 5

A piece of wax, 22 c.c. in volume, floats in water with 2 c.c. above the surface of water. Find the weight of the piece and the specific gravity of wax 6

4. How would you set up a simple experiment to prove that air exerts pressure ? 5

How is the atmospheric pressure generally measured ? 5

Calculate the height of the glycerine barometer when that of the water barometer is 32 ft. (specific gravity of glycerine = 1·25) 5

Group B

5. What is meant by the fixed points of a thermometer ? 4

How would you determine the upper one ? 4

Why is it necessary to note the barometric height when determining the upper fixed point of a thermometer ? 3

If the lower and upper fixed points of a thermometer are marked 20 and 140 respectively, what reading would this thermometer indicate for a temperature of 92° F ? 4

6. 'Brass is more expansible than iron' when heated ; explain. Describe an experiment in support of the statement. 2+3

Define 'coefficient of linear expansion.' Find its relation with that of superficial expansion of the same material. 2+3

If the coefficient of linear expansion of brass be 0·000018 for a centigrade degree, the length being measured in centimetres, what will be its value for a Fahrenheit degree, if the length be measured in yards ? [illegible]

7. Explain the following statements :— 15

(*a*) The water-eqivalent of a vessel is 50 gms.

(*b*) Aqueous tension at 15°C is 12·7 mm.

(*c*) The dew-point on a day is 12°C.

(*d*) It is hotter the same distance above a fire than in front of the fire.

(*e*) A clock keeps correct time in winter but loses in summer.

8. What are the different modes of propagation of heat ? Explain their difference by suitable illustrations. 9

How would you show that different solids have different conductivities ?

Group C

9. Explain what is meant by longitudinal and transverse wave-motions by taking a suitable example of each type.

Define *wave-length, frequency* and *period* in relation to a wave-motion. 6

A body vibrating with a constant frequency sends waves, 10 cms. long. through a medium *A* and 15 cms. long through another medium *B*. Compare the wave-velocities in *A* and *B*. 3

10. State the laws of Transverse Vibration of stretched strings. 6

How would you compare the frequencies of two tuning forks with the help of a sonometer ? 5

A sonometer wire emits a note of frequency 150. What will be the frequency of note emitted by the same string, if the tension is increased in the ratio 9 : 16 and length is doubled ? 4

1962 : PHYSICS—Second Paper

Attempt only **two** *questions from Group A and* **three** *from Group B.*

Group A

1. Explain, with a diagram, the working of a Pin-hole Camera. 4+3

What conclusion do you draw from an experiment with a Pin-hole Camera ? 2

What is the effect, on the image formed, of increasing 6

(*a*) the size of the hole,
(*b*) the distance of the source from the Pin-hole,
(*c*) the distance of the screen from the Pin-hole ?

Give reasons.

2. State the laws of reflection of light at a plane surface. 3

Show, by means of a diagram, how a man, height 6 feet could place a mirror, length 3 feet, flat against a vertical wall, so that he could see a full-sized image of himself in it. 5

Explain, with a diagram, the action of a periscope. 5

For what purpose is it used ? 2

3. What do you mean by the statement 'the refractive index of glass relative to air is 1·5' ? 5

Show, by a diagram, that all rays of light are not transmitted from a denser medium to rarer medium. (*Diagram only is wanted.)* 4

Explain 'Critical angle' and 'Total reflection' and find out a relation between critical angle and refractive index. 4+4

4. Distinguish between a real image and a virtual image.

Draw typical diagrams to show how the nature of the image changes as an object approaches a convex lens from a large distar

Where must an object be placed with respect to a concave lens foot focal length in order that,

(*a*) a real image may be formed of the same size as the object. 4

(*b*) a virtual image may be formed 2 feet away from the lens. 3

Group B

5. What are the points of difference between a magnet and a magnetic substance ? 3

Devise a simple experiment to detect the nature of polarities induced by a magnet. 4

How do you account for the attraction of a piece of soft iron by a permanent magnet ? 4

'Repulsion is a surer test of magnetisation than attraction.' Explain. 4

6. Describe, giving a neat diagram, a gold-leaf electroscope. 6+3

An electroscope is charged by (*a*) friction, (*b*) conduction, (*c*) induction. 6

State, giving reasons, the nature of the charge developed in each case. 6

7. State Ohm's law and obtain definition of the Ohm. 4

Upon what factors, and in what way, does the resistance of a wire depend ? 4

Define specific resistance. 2

Two copper wires, whose lengths are in the ratio of 1 : 2, are of the same resistance. Compare the diameters of the wires. 5

8. Describe a Leclanche cell and explain how polarisation is prevented in this cell. 7+3

The terminals of a battery of 2 Leclanche cells, joined in series, are connected to a wire of resistance 10 ohms. Find the fall in potential difference across the battery terminals (*e. m. f.* of each cell = 1·5 volts and the internal resistance of each cell = 1 ohm).

9. How does the rate at which heat is developed in a wire by an electric current depend on the strength of the current and the resistance of the wire ? 4

How would you experimentally verify the first law ? 6

Two similar wires of equal length have diameters in the ratio of 1 : 2 and are joined in series. Compare the heat developed in the wires if a steady current is passed through them for some time. 5

10. Describe an experiment to show that a mechanical force acts on a current-carrying conductor, situated in a magnetic field. 10

Show how this force is made use of in a direct current motor. 5

1962 : PHYSICS (Compartmental)—First Paper

Group A (*any two*)

1. Define specific gravity of a substance. If the specific gravity of gold be 19·3, what will be its density in the C. G. S. & F. P. S. system ?

Describe a method of experimentally determining the specific gravity of a solid lighter than and insoluble in water.

2. Describe with a neat diagram, the principle and action of a spring balance.

Is the indication of the spring balance the same at all parts of the globe, when the same body is carried by the instrument ? Explain.

An ordinary beam balance, with equal arms is used for weighing. The apparent weights of the same body, when placed in the two pans, are respectively 100 and 102·01 grammes. Find the ratio of the arms of the balance.

3. Define *Work* and *Power*.

State and explain the theoretical and practical units in which 'power' is expressed in the C. G. S and F. P. S. systems.

A 10 H. P. engine is employed to lift water to a cistern at a height of 300 ft. If the efficiency of the engine is 80%, calculate the amount of water that will be delivered to the cistern per minute.

4. What is 'buoyancy' ?

'A floating body loses its whole weight'. Explain.

How do you account for the fact that a pound of cotton appears to be lighter than a pound of lead ?

A block floating in a liquid with 0·2 of its volume exposed and in water with 0·1 of its volume exposed. Find the density of the liquid.

Group B. (*any two*)

5. Distinguish between *real* and *apparent* expansion of a liquid.

What do you understand by 'Anomalous expansion of water' ?

Draw a diagram showing the changes in volume of a given mass of water as its temperature is raised from 0°C to 20°C.

By what experiment would you prove that the density of water is maximum at 4°C ?

6. Define '*specific heat*' of a substance. In what way, if at all, does it depend on (*a*) the unit of mass employed and (*b*) the scale of temperature used ?

Describe a method of determining the specific heat of a solid.

A body of mass 100 gms is heated to 122°C and is quickly immersed into 300 gms of water, at 28°C, contained in a copper calorimeter of mass 50 gms. The final common temperature attained is 30°C. If the specific heat of copper be 0·09, calculate that of the material of the body.

7. Explain the following :—

(a) Two pieces of ice when pressed together form one mass.

(b) When a grass screen (Khus Khus) moistened with water is placed in front of the door a sensation of cold is produced in the room.

(c) Water just before boiling is placed within the receiver of an exhaust pump. If the pump works for sometimes the water is seen to boil.

8. Describe Regnault's Hygrometer and explain how this instrument is used for the determination of Relative Humidity of the atmosphere.

On a certain day the temperature of the air is 18·5°C and the dew point is 12°C. Find the relative humidity. The aqueous tension at 18°C, 19°C and 12°C are 15·46, 15·86 and 10·46 mm of mercury respectively.

Group C (*any two*)

9. Explain the phenomenon of resonance.

Apply it to determine the velocity of sound in air at the room temperature.

A thunder clap was heard 5·5 seconds after the accompanying lightning flash was seen. How far away did the flash occur ? (velocity of sound in air at 0°C=1100 ft/sec ; Temperature of air=20°C).

10. What are stationary waves ?

How are they formed in the case of an open organ pipe ?

What do you understand by 'Nodes' and 'Antinodes' ?

What is the frequency of the fundamental tone emitted by an open pipe, 4 ft long, if the velocity of sound be asumed to be 1120 ft/sec ?

1962 : PHYSICS (Compartmental)—Second Paper

Group A (*any two*)

1. Prove the following :

(a) When a plane mirror is turned through a given angle θ, a ray reflected from the mirror is turned through 2θ.

(b) When an object placed in front of a plane mirror moves through any distance, the image correspondingly moves through the same distance.

Write a brief note on Kalidoscope.

2. Explain the terms 'Refraction' and 'Deviation'.

What kind of prism would you employ to deflect a beam of light through 90° ? Explain with a diagram.

How is it that a stick immersed partly in water and viewed obliquely appears to be bent at the surface of water ? Explain with the aid of a diagram.

3. Show, with the help of neat diagram how a magnified real image of an object can be obtained by means of a convex lens.

Hence establish the lens formula. A convex lens of 6 cms focal length forms a real image of a source of light, three times magnified. What is the position of the source ?

4. What is meant by dispersion of light ?

What is a pure spectrum ?

Describe an arrangement for producing a pure spectrum.

Group B (*any three*)

5. What are the 'Poles of a magnet' ?

Describe a simple experiment to show that there are two kinds of poles in a magnet.

Describe a method of magnetising a knitting needle so as to have North polarity at the pointed end.

How would you determine whether a given steel rod is a magnet or not ?

6. What do you understand by 'electric current' ?

What are the means for the detection of electric current ?

Explain the difference between 'Quantity of electricity' and current strength'.

The terminals of a cell of *e. m. f* 2·05 volt and internal resistance 0·05 ohm are connected to a voltmeter. What will be the reading of the voltmeter when

(a) the cell does not supply a current.

(b) the terminals of the cell are connected by a wire and a current of 5 amperes flows through the cell ?

7. Describe and explain the 'action of points' in any electrostatic phenomenon and briefly mention a case of practical demonstration of the same.

What is lightning ?

Explain why a lightning conductor protects a building from lightning discharge.

8 How would you join conductors so that the effective resistance is (a) greater, (b) smaller than the individual resistance. Calculate the effective resistance in each case.

A cell having an *e. m. f.* of 2 volts and a resistance of 34 ohms is connected with three wire of resistances 1, 2 and 3 ohms respectively, the wires being parallel. Find the current through the cell.

9. A current passing through a long wire is so weak that when the wire is stretched over and parallel to a freely suspended magnetic needle, there is no perceptible effect on the needle. Describe and explain an arrangement for increasing the effect on the needle.

Describe and explain the action of Roget's Vibrating Spiral.

10. What do you understand by induced current?

Describe experiments to show how such currents are produced by a magnet.

State Lenz's Law of 'electromagnetic induction.'

Apply it to find the direction of the current induced in a coil when the N-pole of a magnet is brought near it.

1963 : PHYSICS (Science Group)—First Paper

Special credit will be given for answers which are brief and to the point. Marks will be deducted for spelling mistakes, and bad handwriting. Attempt any **two** *questions from Group A, any* **two** *from Group B, and only* **one** *from Group C.*

Group A

1. Write down the value of an inch in centimetres to two decimal places and of a pound in grams to one decimal place. 2

Petrol, which was used to be sold in gallons, is now sold in litres. Find the percentage increase in the cost of petrol, if instead of 1 gallon one has to purchase 5 litres. (Given, 1 gallon of water weighs 10 lb). 4

How much heavier is a kilogram than a seer, if 40 seers weigh 82·2 lb? Express the result in grams. 6

How is the unit of time in the c.g.s. system defined?

2. Define *specific gravity*. 2

The specific gravity of cane sugar is 1·59. What is its density in grams per c.c. and in pounds per cubic foot? 2

Kerosene has a specific gravity of 0·8. A vertical *U*-tube of uniform bore contains a 10-cm column of kerosene. Water is poured into the tube. If the total length of the water column is also 10 cm. what will be the difference in height between the top levels of the two liquids? Draw a diagram to illustrate your answer. 4+2

1 c.c. of lead of specific gravity 11·4 is attached to a block of wood of volume 21 c.c. and specific gravity 0·5. Find whether the combination will sink or float in water.

3. Explain why you should lean backwards while getting down from a moving tram car or train. 5

What is *momentum* ? A cricket ball, weighing $5\frac{1}{2}$ oz. and moving with a speed of 30 ft/sec, is brought to rest in $\frac{1}{5}$ sec. Calculate the average stopping force employed. (16 oz. = 1 lb.) 2+5

A chair is resting on the floor. When would force due to friction act between them ? Where does this force act ? Is this force constant in magnitude ? 3

4. Briefly state what is meant by *work*, *power* and *energy*. 6

Define their practical units in the *c.g.s.* system. 4

A boy weighing 100 lb. ascends a flight of 20 steps, each 9 inches high, in 5 seconds. What horse-power does he employ ? 5

Group B

5. The Eiffel tower in France is 335 metres high. Its extreme temperature rises from 0°F in winter to 100°F in summer. The tower is made of steel of coefficient of linear expansion equal to 12×10^{-6} per °C. How taller is the tower in summer than in winter ?

The coefficient of expansion of mercury relative to glass is 153×10^{-6} per °C, and its coefficient of absolute expansion is 180×10^{-6} per °C. Find the coefficient of linear expansion of glass. 5

If a flask is made of glass of coefficient of volume expansion equal to 27×10^{-6} per °C and $\frac{3}{20}$ of its volume is occupied by mecury (coefficient of absolute expansion = 180×10^{-6} per °C), show that the volume of the remaining space will not change with change of temperature. 5

6. 'The *specific heat* of a substance is its *thermal capacity* per unit mass.' Explain the meaning of the terms in italics. Define their units in the c.g.s. system. 2+2

What is the difference between the *thermal capacity* of a body and its *water-equivalent* ? 2

In experiments by the method of mixtures in a calorimeter we assume that the heat lost by the warmer bodies is equal to the heat gained by the cooler bodies. In order that this relation may hold, no heat must be allowed to enter or leave the calorimeter, or be developed or absorbed inside. Will then, the relation hold, if

(*a*) the calorimeter contains water and the solid is sugar ;

(*b*) the solid and the liquid in the calorimeter react chemically ;

(*c*) the calorimeter is kept on a table and is exposed to the air ?

Explain your answers briefly. 2+2+2=6

How is good thermal insulation of a calorimeter brought about ? 3

7. A weather report reads as follows :—

'During the 24 hours ending at 5-30 p. m. yesterday the maximum humidity was 87% and the minimum 58%.

What is meant by *humidity* in the above report ? 5

Describe how it can be measured. 6

How will the *humidity* and the *dew point* in a room be affected if (*a*) temperature rises, (b) water is sprinkled into the room ? 4

8. Give three examples to support the view that heat is a form of energy. 6

When work is converted into heat or heat into work, what is the relation that holds between them ? What is meant by the statement that the *mechanical equivalent of heat* is 778 ft. lb. per B. Th. U. ? 4

Calculate the difference in temperature between the top and the bottom of a waterfall 100 metres high assuming that 90% of the heat generated remains in the water. ($J = 4{\cdot}2 \times 10^7$ ergs per calorie ; $g = 980$ cm/sec^2.) 5

Group C

9. Describe with the help of diagrams how a tuning fork vibrates. 5

How would you illustrate *forced vibration* and *resonance* with it ? (Consider the case of a fork placed on a sonometer board, or any other suitable example.)

How does loading a prong affect the *frequency* of a fork ? 3

State very briefly why a tuning fork is so important in experiments on sound.

10. What are the characteristic of a musical sound ? Explain them briefly. 6

What are the properties of the sound waves which are associated with these characteristics ? 6

Explain the terms *fundamental, harmonics* and *overtones*. 3

1963 : PHYSICS (Science Group)—Second Paper

Special credit will be given for answers which are brief and to the point. Marks will be deducted for spelling mistakes, untidiness and bad handwriting. Attempt only **two** *questions from Group A and* **three** *from Group B.*

Group A

1. Draw two neat diagrams to illustrate the eclipses of the sun and the moon. (Only diagrams, and no explanations, are necessary.) 4+4

In reference to the diagram of solar eclipse that you draw, explain why 3+3

(i) a solar eclipse is not visible at all places over the illuminated hemisphere of the earth.

(ii) a solar eclipse may be *total* at a place, but *partial* at another.

Why do not eclipses take place at every full moon and new moon ? 1

2. You are looking at the image of an extended object formed by a plane mirror. Is the whole of the mirror necessary to form the image that you see ? Explain your answer with the help of a diagram. 4

An image formed by a plane mirror is said to be *virtual* and *laterally inverted*. Explain what you understand by the terms in italics. 4+4

Why is the projection screen in a cinema house made of rough white material ? 3

3. A ray of light is refracted through a parallel slab of glass. What angle does the emergent ray make with the incident ray ? Explain with the help of a diagram. 5

Draw a diagram to show how a thick glass mirror can form more than one image of an object. Which of the images is the brightest ? 5

You are standing in a shallow pool of water which has the same depth everywhere. But it appears deepest to you where you stand. Explain this briefly. (No mathematical deduction is necessary.) 5

4. What is meant by the *focal length* of a lens ? 2

Draw a neat diagram to illustrate the formation of images by a *convergent* lens. Explain the diagram. 4+3

When does a convergent lens form a *virtual* image ? Is the image magnified or reduced in relation to the object ? Draw a diagram to illustrate your answer. 1+1+3

Group B

5. State how the induced pole strength changes 2+2

(*a*) with the strength of the inducing pole,

(b) with the distance between the two.

In testing the polarity of a magnet you are advised to bring one pole of the magnet slowly towards one pole of the needle along a line perpendicular to the axis of the needle. What will happen, if you 3

(*a*) bring the magnet very close to the needle

(*b*) move it along the axis of the needle ?

Why is it advised to move the magnet slowly from a distance ? 3

What is *demagnetization* ? Bar magnets are kept in pair with soft iron pieces, called *keepers*, connecting opposite poles. How do keepers prevent self-demagnetization of the magnets ? 2+3

A hollow metallic body of irregular shape has a small pole. It is electrically charged and kept on an insulating stand. You are testing the distribution of charge on it with the help of a gold-leaf electroscope and proof-plane. State how the divergence of the electroscope will change when the proof-plane collects charge from 6

(*a*) a flat portion of the surface,

(*b*) a pointed portion of the surface,

(*c*) inside the hollow.

Explain the action of lightning conductors. 6

Why is it not safe to stand near a tall structure during a thunder-storm ? 3

7. What conditions must be fulfilled so that an electric current may continue to flow through a circuit ? Illustrate your answer.

'An *e. m. f.* is said to exist in a part of circuit where some-other form of energy is converted into the electrical form. A potential difference is said to exist in a part of a circuit where electrical energy is converted into any other form.' Illustrate this statement by referring to a circuit which contains a battery of cells, a resistance, an electric motor and electrolytic cell, stating in your answer where the *e. m. f.* and the potential differences are. 8

In what unit are *e. m. f.* and potential difference measured ? 2

8. State Ohm's law. 2

Wires of resistance 1. 2 and 3 ohms are connected in series across a Leclanche cell of *e.m.f.* 1·5 volts and internal resistance ·3 ohms. Calculate the potential difference across each of the wires, and also the drop of potential inside the cell.

What is the potential difference between the terminals of the cell when (*a*) it is in open circuit, (*b*) it is in closed circuit ?

How is the *ampere* theoretically defined ? What is meant by the *International Ampere* ?

9. An electric current produces a magnetic field around it. State any law that you know connecting the direction of the current and the direction of the field it produces at a point.

A conductor carrying an electric current is held above a magnetic needle parallel to its axis. The south pole of the needle is then found to deflect towards the west. What is the direction of the current ? 2

Draw a diagram showing the lines of force inside and outside a straight solenoid carrying an electric current, and mark the directions of the current and the lines of force. 5

What similarity does the magnetic field due to a solenoid have with that due to a bar magnet ? 3

How is the magnetic field altered if you place a bar of soft iron inside the solenoid ? 3

10. Draw a diagram of a simple current *dynamo* and describe how it can supply an electric current.

What kind of energy is converted into electrical energy in this case ? How is this energy supplied ? 1+1

When a dynamo is supplying a current, will there be a drop of potential between its terminals, as happens it the case of a cell ? 1

বর্ণানুক্রমিক সূচী

ত

থ

ফ

ব

প্রথম অধ্যায়

অবতরণিকা

জড় জগৎ বিভিন্ন বস্তুর সমবায়ে গঠিত। আমরা জগতে বহু রকমের বস্তু বা পদার্থের সংস্পর্শে আসি, তাহাদের আকার-প্রকার, গুণাবলী সবই বিভিন্ন—তাহাদের কোন কোনটি হয়ত দেখাও যায় না। আমাদের ইন্দ্রিয়ের সাহায্যে আমরা উহাদের সকলের অস্তিত্ব সম্বন্ধে নিঃসন্দেহ। আবার নিজেদের স্বাভাবিক ধর্মে অথবা নানারকম শক্তির সাহায্যে এই সকল পদার্থের নিরন্তর অগণিত পরিবর্তন হইতেছে। বীজ বপন করিলে জল, বায়ু ও মৃত্তিকার সাহায্যে উহা হইতে গাছ এবং পরে ফুল-ফল সবই হইতেছে। খাদ্য হইতে শরীরের অভ্যন্তরে রক্তমাংসের সৃষ্টি হইতেছে এবং শক্তির সঞ্চার হইতেছে। তেল পুড়িয়া বাষ্প ও অঙ্গারাম্লে পরিণত হইতেছে এবং আলো ও উত্তাপ বিকিরণ করিতেছে—এই রকম বস্তু মাত্রেরই কোন না কোন রকম পরিবর্তন সম্ভব। পদার্থের গঠন ও গুণ, তাহাদের প্রস্তুতি-প্রণালী এবং নানা অবস্থায় তাহাদের বিভিন্ন পরিবর্তনের বৈজ্ঞানিক পর্যালোচনাই **'রসায়নবিদ্যা'**।

রসায়নচর্চার ইতিহাসঃ পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষাই জ্ঞানলাভের বিজ্ঞানসম্মত শ্রেষ্ঠ উপায়। বর্তমান যুগের রসায়নেও তাহার ব্যতিক্রম হয় নাই। কিন্তু রসায়নের আলোচনায় পর্যবেক্ষণ এবং পরীক্ষা-পদ্ধতির অবলম্বন খুব বেশী দিনের নয়। বস্তুতঃ, সপ্তদশ শতাব্দীর পূর্বে রসায়নে ধারাবাহিক গবেষণা বা পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত তথ্যে উপনীত হওয়ার কোন প্রচেষ্টা দেখা যায় নাই। কিন্তু বিজ্ঞান হিসাবে রসায়নের চর্চা না হইলেও বহুবিধ শিল্পে রসায়নের নানা প্রকার ব্যবহারিক প্রয়োগ কয়েক হাজার বৎসর হইতে চলিয়া আসিতেছে। অতি প্রাচীন কালে সর্বপ্রথমে ভারতবর্ষে যে এই শাস্ত্রের বিশেষ অনুশীলন হইয়াছিল, একথা আচার্য প্রফুল্লচন্দ্র নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করিয়াছেন। প্রায় সেই সময় চীনদেশেও বোধ হয় অল্পবিস্তর রসায়ন-চর্চা হইয়াছিল। সেই প্রাচীন হিন্দু-সভ্যতার যুগে এদেশে বিভিন্ন খনিজ পদার্থ হইতে নানারূপ ধাতু প্রস্তুত হইত। তখনকার দিনেও আয়ুর্বেদ-শাস্ত্রবিদ্‌গণ ভারতে গাছপালা ও নানা

খনিজ হইতে ঔষধ প্রস্তুত করিতেন, ইহাতে যে নানা রকমের রাসায়নিক প্রস্তুতি-প্রণালীর প্রয়োজন হইত তাহাতে সন্দেহ নাই। শুধু ব্যবহারিক দিক হইতেই নয়, দার্শনিক দিক হইতেও হিন্দুরা রসায়নের গভীর পর্যালোচনা করিয়াছিলেন। খ্রীষ্টের জন্মের ছয়-সাত শত বৎসর পূর্বে হিন্দু দার্শনিক **কণাদ** বস্তুর গঠন সম্বন্ধে তাঁহার **পরমাণুবাদ** প্রচার করিয়াছিলেন। রসায়নশাস্ত্রের উপর হিন্দুদের এই অধিকার কয়েক শত বৎসর অন্ততঃ অক্ষুণ্ণ ছিল। কেননা, দ্বিতীয় শতাব্দীর মধ্যভাগেও **নাগার্জুনকে** আমরা বিভিন্ন ব্যবহারিক রসায়নের প্রণালী উদ্ভাবন করিয়া খ্যাতি লাভ করিতে দেখি। তাঁহার কোন কোন প্রণালী আজ পর্যন্তও অনুসরণ করা হয়।

হিন্দু-সভ্যতার সঙ্গে সংঘর্ষ ও সংস্পর্শের ফলে রসায়ন গ্রীসে প্রবেশ লাভ করে। গ্রীক সভ্যতার যুগে রসায়ন সেখানে বিস্তৃতভাবে আলোচিত হইয়াছিল। **লিউকিপ্পাস্** হইতে **অ্যারিস্টোট্‌ল** পর্যন্ত বহু খ্যাতনামা গ্রীক দার্শনিক জড়-পদার্থের গঠন ও উপাদান সম্পর্কে নানা মতবাদ প্রচার করেন। সপ্তম শতাব্দীর মধ্যভাগে গ্রীস হইতে রসায়ন মিশরে স্বীয় প্রভাব বিস্তার করে। মিশরীয়গণ দ্বারা নীল-উপত্যকার কালো মাটিতে এবং আলেকজেন্দ্রিয়ার ধাতু ও কাঁচ প্রস্তুতিতে এই সকল মতবাদের বহুল প্রয়োগ দেখা যায়। মিশরের একটি নাম **'কিমিয়া'** অর্থাৎ 'কালো জমি'—এই 'কিমিয়া' নাম হইতেই সম্ভবতঃ রসায়নের বর্তমান ইংরেজী নাম 'Chemistry' উদ্ভূত। মিশরীয় যুগের শেষে আরবীয়গণ মিশর হইতে অনেক রাসায়নিক পদ্ধতি ও প্রণালী আনিয়া বাগদাদে উহার প্রচলন করেন। সেই সময় রসায়নের নামকরণ হইয়াছিল **'অ্যালকেমি'** এবং অ্যালকেমিবিদ্‌দের প্রধান ছিলেন **'জাবের'**। জাবের এবং তাঁহার সমসাময়িক কয়েকজন বৈজ্ঞানিক বহুরকমের পরীক্ষা করিয়াছিলেন। অনেক আরবীয় রসায়নবিদ্ মনে করিতেন রসায়নচর্চার একমাত্র উদ্দেশ্য **'পরশপাথর'** আবিষ্কার, যাহার সাহায্যে নিকৃষ্ট ধাতুকে স্বর্ণে পরিণত করা সম্ভব হইবে। আরব হইতে স্পেনের মধ্যবর্তিতায় রসায়ন-আলোচনা পশ্চিম ইউরোপের দেশগুলিতে ছড়াইয়া পড়ে, কিন্তু প্রায় তিনশত বৎসর আর ইহার কোন উন্নতি পরিলক্ষিত হয় নাই। এই সময়ে তথাকথিত ইউরোপীয় রাসায়নিকেরা মনে করিতেন রসায়ন রাতারাতি ধনী হইবার উপায়। বস্তুতঃ, অধিকাংশ ক্ষেত্রে সাধারণ লোককে প্রতারিত করার জন্যই ইহা ব্যবহৃত হইত।

ষোড়শ শতাব্দীতে 'প্যারাসেল্‌সাসের' নেতৃত্বে একদল রসায়নবিদের অভ্যুদয় হয়। ইঁহারা মনে করিতেন যে রসায়নের উদ্দেশ্য জীবনকে সমস্ত রোগ হইতে মুক্ত করিয়া অমরত্ব দেওয়া। সুতরাং রসায়ন কিয়ৎকালের জন্য চিকিৎসাশাস্ত্রের অন্তর্গত হইয়া পড়িল। কিন্তু এই সময়ে রসায়নে কিছু কিছু পরীক্ষামূলক কাজও হইয়াছিল।

পর্যবেক্ষণ ও পরীক্ষা দ্বারা সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়ার পদ্ধতি রসায়নে প্রথম প্রবর্তিত হয় সপ্তদশ শতকে **রবার্ট বয়েলের** সময় হইতে। এই সময় হইতেই বিভিন্ন প্রকারের পরীক্ষার চেষ্টা হয় এবং পরীক্ষার ফল হইতে যুক্তিতর্কের সাহায্যে নিশ্চিত সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়ার পথ দেখা যায়। ইউরোপের বিভিন্ন দেশের পণ্ডিতগণের মধ্যে রসায়নের মৌলিক তথ্য আবিষ্কারের প্রতি অনুরাগ দেখা যায়। অষ্টাদশ শতাব্দীতে ফ্রান্সে **ল্যাভয়সিয়র** ও **বার্থোলে,** ইংলণ্ডে **প্রিস্টলী** ও **ক্যাভেণ্ডিস,** সুইডেনে **শিলে** প্রভৃতি মনীষীরা বহু পরীক্ষাসম্মত মতবাদ দ্বারা রসায়নকে প্রভূতরূপে সমৃদ্ধ করিয়া তোলেন। বায়ুর মিশ্রগঠন, জড়ের নিত্যতাবাদ প্রভৃতি প্রমাণ করিয়া ইঁহারা, বিশেষতঃ ল্যাভয়সিয়র, রসায়নচর্চায় দৃষ্টিভঙ্গির আমূল পরিবর্তন করেন এবং ইহাকে একটি পরিপূর্ণ বিজ্ঞানে পরিণত করেন। আজ পর্যন্তও এই গবেষণা ও পরীক্ষার ধারা অপ্রতিহত বেগে চলিয়াছে এবং বহু তথ্যের আবিষ্কারে উত্তরোত্তর জ্ঞানের পরিধি বাড়িয়াছে। আজ এই অনুসন্ধিৎসা সমগ্র জগতে ব্যাপ্তি লাভ করিয়াছে এবং প্রত্যেক দেশেই ইহার তথ্যনিরূপণ এবং ব্যবহারিক প্রয়োগের জন্য অভূতপূর্ব গবেষণা চলিয়াছে।

রসায়ন ও তাহার ব্যবহার: বর্তমানে রসায়নের চর্চা এতটা ব্যাপকভাবে সার্থকতা লাভ করিয়াছে যে ইহা নিজের গণ্ডি ছাড়াইয়াও অন্যান্য বিজ্ঞান-শাখার সহিত কোন কোন স্থানে সহব্যাপ্ত হইয়া পড়িয়াছে। ভূ-বিজ্ঞান, কৃষি-বিজ্ঞান, শরীর-বিজ্ঞান ইত্যাদি আজ আর রসায়নের সাহায্য ব্যতীত পরিপূর্ণ হওয়া সম্ভব নয়। উহার সঙ্গে সঙ্গে রসায়নের ব্যবহারিক প্রয়োগও অত্যন্ত বাড়িয়া গিয়াছে। কৃষক আসিয়া আজ তাহার জমির জন্য 'সার' তৈয়ারী করিতে বলিতেছে। চিকিৎসাবিদের ঔষধ রাসায়নিকের পরীক্ষাগারে প্রস্তুত হইতেছে। খনিজ হইতে লৌহ, তামা প্রভৃতি প্রস্তুত করার জন্য উৎপাদনকারীরা রসায়নের দুয়ারে ভিড় করিয়াছে। ইঞ্জিনীয়ারের বিশেষ রকমের

ইস্পাত চাই, চর্মকার তাহার চামড়া উন্নততর করিতে চায়, কুম্ভকারের চাই পর্সেলীনের জন্য চিক্কণ লেপ, এই রকম আরও কত কি? মানুষের দৈনন্দিন জীবনের ছোটখাট ঘটনার সঙ্গে রসায়ন ওতঃপ্রোতভাবে মিশিয়া যাইতেছে।

অন্নবস্ত্রের চাহিদা, রোগমুক্তি ও স্বাস্থ্যোন্নতি—এইগুলি আমাদের জীবনের প্রধানতম সমস্যা। রসায়ন নানারকমে এইসকল সমস্যার সমাধানে প্রভূত সাহায্য করিয়াছে।

কৃত্রিম সার প্রয়োগে খাদ্যশস্যের ফলন বৃদ্ধি হইয়াছে। উত্তম বীজ দীর্ঘদিন সংরক্ষিত করিয়া উন্নততর শস্য উৎপাদন করা হইয়াছে। রসায়নের কল্যাণেই এ সকল সম্ভব হইয়াছে। নানারূপ কীটনাশক দ্রব্যের ব্যবহারে পোকামাকড, কীটপতঙ্গের আক্রমণ হইতে শস্যের বিনাশ বন্ধ হইয়াছে। বিশেষ প্রক্রিয়ার সাহায্যে রাসায়নিক দীর্ঘদিন খাদ্যসঞ্চয়ের ব্যবস্থা করিয়া শস্যের অপচয় নিবারণ করিয়াছে। অপরদিকে, কৃত্রিম রেশম, কৃত্রিম তন্তু ইত্যাদি প্রস্তুত করিয়া রসায়ন বস্ত্র সমস্যার সমাধানেও সাহায্য করিয়াছে, এবং নানা উন্নত-শ্রেণীর পরিধেয় সৃষ্টি করিয়াছে, তদুপরি নানা বর্ণের সমাবেশে উহাদের সৌন্দর্য-সৃষ্টিতে সাহায্য করিয়াছে।

রাসায়নিক গবেষণাগারে ভাইটামিন ও শরীরের পক্ষে প্রয়োজনীয় দ্রব্যাদি প্রস্তুত করিয়া খাদ্যের উন্নতি সাধন করিয়াছে। ফলে, মানুষ স্বাস্থ্যোন্নতি করিতে পারিয়াছে। আবার, নিউমোনিয়ার জন্য পেনিসিলিন, কালাজ্বরে ইউরিয়া স্টিবামিন, ম্যালেরিয়ার জন্য কুইনিন, অ্যাটেব্রিন প্রভৃতি প্রস্তুত করিয়া রসায়ন মানুষের রোগমুক্তিতে অপরিসীম সাহায্য করিয়াছে। শুধু তাই নয়, আয়োডিন, ডি. ডি. টি., ফিনাইল ইত্যাদির দ্বারা রোগজীবাণুর ধ্বংস সাধনের ফলেও আমরা অনেকটা নিরাপদ হইয়াছি। রেডিয়াম ও তেজস্ক্রিয় রশ্মির প্রয়োগে দুরারোগ্য ব্যাধির চিকিৎসা সম্ভব হইয়াছে। ক্লোরোফর্ম, নোভোকেন জাতীয় চেতনানাশক দ্রব্যের ব্যবহারে অস্ত্রোপচার সহনীয় হইয়াছে। এই সকলই রসায়নের কাজ।

ইহা ছাড়াও মানুষের সুখ-স্বাচ্ছন্দ্যের জন্য রসায়নের অবদান অসংখ্য। রসায়নের প্রয়োগশালাতে আসিয়া বিস্মিত নয়নে দেখি, কয়লা হইতে প্রস্তুত হইতেছে হীরকখণ্ড, আলকাতরা হইতে পাওয়া যাইতেছে নানা প্রকারের উৎকৃষ্ট রঙ, সুগন্ধি ও ঔষধ। রাসায়নিক বলেন চিনি, কাগজ আর স্পিরিট একই মৌলিক

পদার্থের সাহায্যে সৃষ্টি হইয়াছে। কাঠ আর বাঁশ হইতে পাওয়া যাইতেছে কাগজ, সেলুলয়েড, আরও কত কি? কৃত্রিম উপায়ে প্লাস্টিক তৈয়ারী করিয়া উহা হইতে নানা প্রয়োজনীয় সামগ্রী প্রস্তুত হইতেছে। এই সবই মানুষের সুখ-স্বাচ্ছন্দ্য বৃদ্ধির জন্যই প্রয়োগ করা হইতেছে। প্রকৃতির অভাব রসশালাতে আজ পরিপূরণ হইতেছে—কৃত্রিম রবার, কৃত্রিম রেশম, কৃত্রিম পেট্রোল, আরও সহস্র রকমের বস্তুর উৎপাদনে জীবনযাত্রা স্বচ্ছন্দ করার প্রয়াস চলিতেছে।

বহু-প্রচলিত শিল্পেরও উন্নতি-সাধন করিয়া রসায়ন মানবসমাজের অশেষ কল্যাণ সাধন করিয়াছে। আকরিক হইতে নানাবিধ ধাতু নিষ্কাশন ও বিভিন্ন মিশ্রধাতুর উৎপাদনের ফলে যন্ত্রশিল্প সম্ভব হইয়াছে, যানবাহন, এরোপ্লেন প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে পারা গিয়াছে। উন্নততর গ্যাসোলীন, ডিজেল তেল, কৃত্রিম পেট্রোল, কৃত্রিম রবার না থাকিলে এত সহজে সারা পৃথিবী পরিভ্রমণ কি সম্ভব হইত?

অবশ্য রসায়নের পরীক্ষাগারেই আবার যত বিস্ফোরক আর বিষাক্ত গ্যাসের সৃষ্টি হইয়াছে এবং তাহার সাহায্যে লক্ষ লক্ষ মানুষের জীবন নাশ হইয়াছে। কিন্তু ক্ষমতালোভী রাজপুরুষ ও রাজনীতিবিদেরা যদি কোন রাসায়নিক আবিষ্কারের অপপ্রয়োগ করিয়া সমাজের ধ্বংস সাধন করেন, তাহার জন্য রসায়ন দায়ী হইবে কি?

———

দ্বিতীয় অধ্যায়

জড় পদার্থ

২-১। পদার্থঃ বস্তুজগতে আমরা অনেক রকম **পদার্থের** সংস্পর্শে আসি। আমাদের বিভিন্ন ইন্দ্রিয়ের সাহায্যে আমরা এই সকল পদার্থের অস্তিত্ব সম্বন্ধে সচেতন হইয়া থাকি। সুতরাং পদার্থ ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য। স্পর্শ, স্বাদ, গন্ধ ইত্যাদির দ্বারা আমরা পদার্থের স্বরূপ নির্ণয় করি। কিন্তু যাহা কিছু ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য তাহাই পদার্থ নহে। যথা, স্পর্শের দ্বারা আমরা উত্তাপ অনুভব করিতে পারি, কিন্তু উত্তাপ পদার্থ নহে, **শক্তি**বিশেষ।

পদার্থ মাত্রেরই কতকগুলি সাধারণ গুণ বা ধর্ম থাকে। প্রথমতঃ, পদার্থ স্থান অধিকার করিবে। দ্বিতীয়তঃ, সমস্ত পদার্থেরই কিছু না কিছু ওজন থাকিবে। শক্তির কোন ওজন নাই। তৃতীয়তঃ, চাপের সাহায্যে যে কোন প্রকার পদার্থের ভিতর গতিবেগ সঞ্চার করা সম্ভব। যেমন, একটি টেবিল সাধারণতঃ নিশ্চল অবস্থায় আছে, কিন্তু একদিক হইতে উহাতে যথেষ্ট চাপ দিলে উহা অপরদিকে সরিয়া যাইবে, উহাতে গতিবেগ সঞ্চারিত হইবে। প্রত্যেক পদার্থেরই এই তিনটি গুণ থাকে। অতএব বলা যায়, **ইন্দ্রিয়গ্রাহ্য, ওজন-বিশিষ্ট, স্থানব্যাপী** ও **চাপ-শক্তির** প্রভাবে **গতিশীল** বস্তুই পদার্থ।

২-২। পদার্থের অবস্থাভেদঃ আমরা পদার্থসমূহকে তিন অবস্থায় দেখিতে পাই :—(১) **কঠিন,** (২) **তরল** ও (৩) **গ্যাসীয়** অবস্থা।

কঠিন পদার্থঃ কঠিন পদার্থের একটি নির্দিষ্ট আকার ও আয়তন আছে। তাহা ছাড়া, বাহির হইতে বলপ্রয়োগ ব্যতীত তাহাদের আকারের কোন পরিবর্তন সম্ভব নয়; অর্থাৎ কঠিন পদার্থের খানিকটা দৃঢ়তা আছে। কাঠ, লবণ, বালু, লৌহ, স্বর্ণ ইত্যাদি কঠিন পদার্থ।

তরল পদার্থঃ তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আকার নাই। কিন্তু নির্দিষ্ট আয়তন আছে। যে পাত্রে রাখা যায়, ইহা তাহার আকার ধারণ করে। এক গ্লাস জল একটি থালাতে ঢালিয়া দিলে উহা থালার আকার ধারণ করে, কিন্তু আয়তন একই থাকে। ইহা ছাড়া, তরল পদার্থ সর্বদাই নীচের দিকে প্রবাহিত

হয় এবং তরল পদার্থের উপরিভাগ সর্বদা সমতল থাকে। জল, তেল, পারদ, মধু ইত্যাদি তরল পদার্থ।

গ্যাসীয় পদার্থ: গ্যাসীয় পদার্থের নির্দিষ্ট কোন আকারও নাই, আয়তনও নাই। উহারা যত স্বল্পই হউক, যে পাত্রে থাকিবে তাহার সমস্ত স্থান অধিকার করিয়া থাকিবে এবং সেই পাত্রের আকার ধারণ করিবে। গ্যাসীয় পদার্থের আর একটি বৈশিষ্ট্য আছে। গ্যাসীয় পদার্থের সঙ্কোচন ও প্রসারণ-ক্ষমতা অধিক। চাপে পড়িয়া সঙ্কুচিত হওয়ার ধর্মকে গ্যাসের **সংনম্যতা (compressibility)** বলে। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি গ্যাসীয় পদার্থের উপর যত চাপ দেওয়া যায় ততই উহার আয়তন কমিয়া যায়; আবার চাপ কমাইয়া দিলেই উহার আয়তন প্রসার লাভ করে। বায়ু, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন ইত্যাদি গ্যাসীয় পদার্থ।

সাধারণতঃ, একই পদার্থ তিনটি বিভিন্ন অবস্থাতেই থাকিতে পারে। যেমন বরফ, জল ও বাষ্প একই পদার্থ, একই উপাদানে গঠিত। কঠিন বরফকে উষ্ণ করিলে তরল অবস্থায় অর্থাৎ জলে পরিণত হয় এবং জলকে ফুটাইলে বাষ্পে পরিণত হয়। উত্তাপের সাহায্যে কঠিন হইতে তরল এবং গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণতি সম্ভব। কোন কোন ক্ষেত্রে অবশ্য দেখা যায় যে উত্তাপের সাহায্যে কঠিন অবস্থা হইতে সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় যাওয়া যায়। যেমন কর্পূর, আয়োডিন ইত্যাদি।

২-৩। পদার্থের ধর্ম: প্রত্যেক পদার্থের নিজস্ব কতকগুলি ধর্ম বা গুণ আছে। কোন পদার্থকে জানিতে হইলে উহার ধর্মগুলির সহিত পরিচিত হওয়া প্রয়োজন; যেমন, জলের কতকগুলি ধর্ম আছে যাহা হইতে সহজেই আমরা জল চিনিতে পারি। জল স্বচ্ছ, জলের হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক যথাক্রমে ০° এবং ১০০° সেন্টিগ্রেড। জলে লবণ, চিনি ইত্যাদি দ্রব হইয়া থাকে, বিদ্যুৎপ্রবাহ দ্বারা জল অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিণত হয়। এই সমস্ত এবং আরও অনেক ধর্মের দ্বারা আমরা জলের স্বরূপ চিনিতে পারি। এইরূপ প্রত্যেক পদার্থের কতকগুলি নিজস্ব **ধর্ম** আছে।

বৈজ্ঞানিকেরা পদার্থের ধর্মগুলিকে দুইভাগে বিভক্ত করিয়া আলোচনা করেন। (১) **অবস্থাগত ধর্ম** বা **ভৌত ধর্ম (physical properties)**; (২) **রাসায়নিক ধর্ম (chemical properties)**। যে সমুদয় ধর্ম হইতে শুধু

পদার্থের বাহ্যিক অবস্থা ও ব্যবহার বুঝা যায় তাহাকে উহার **অবস্থাগত ধর্ম** বলে। কিন্তু পদার্থের কোন ধর্ম প্রকাশে যদি পদার্থটি নিজেই ভিন্ন কোন বস্তুতে পরিণত হইয়া যায় তাহা হইলে সেই সব ধর্মকে **রাসায়নিক ধর্ম** বলা হয়। অর্থাৎ যে ধর্মের জন্য বস্তুর মৌলিক রূপান্তর (অবস্থান্তর নহে) ঘটে, তাহাই রাসায়নিক ধর্ম। জল স্বচ্ছ, জল ১০০° ডিগ্রি উত্তাপে বাষ্পে পরিণত হয়—এই সকল উহার অবস্থাগত ধর্ম। কেননা, এই গুণাবলী দ্বারা উহার বাহ্যিক অবস্থা প্রকাশ পায় এবং বাষ্পে পরিণত হইলেও কোন নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় না। কিন্তু জলের ভিতর বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করা হইলে সর্বদাই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়। অথবা জলের ভিতর এক টুকরা সোডিয়াম দিলে জল ক্ষারে পরিণত হয়। এই সকল প্রকৃতি বা ধর্ম হেতু জল নূতন বস্তুতে পরিণতি লাভ করে। এই ধর্মগুলিকে উহার রাসায়নিক ধর্ম বলা হয়।

অনেক সময় ভৌত ধর্ম যেমন বর্ণ, গন্ধ, স্ফটিকাকৃতি প্রভৃতির সাহায্যে উহাকে চিনিতে পারা সম্ভব। তুঁতে নীল এবং চিনি সাদা, আক্সিজেন বর্ণহীন কিন্তু ক্লোরিন গ্যাস সবুজ, তামা লাল্‌চে আর টিন সাদা। এই সকল ক্ষেত্রে রঙ দেখিয়াই উহাদের চিহ্নিত করা সম্ভব।

পক্ষান্তরে, রাসায়নিক ধর্মের সাহায্যে বস্তু সনাক্ত করাই সাধারণ রীতি। কয়লা পোড়াইলে যে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়, উহা পরিষ্কার চুনের জলের সংস্পর্শে আসিলেই চুনের জল ঘোলাটে ও সাদা হইয়া যায়। ইহা একটি রাসায়নিক পরিবর্তন এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইডের এই রাসায়নিক গুণ হইতেই উহাকে সর্বদা চিহ্নিত করা হয়।

২-৪। পদার্থের শ্রেণীবিভাগ: দৈনন্দিন জীবনের প্রতিক্ষণে আমরা অসংখ্য রকম পদার্থের সংস্পর্শে আসি। এই সকল বিভিন্ন পদার্থ পরস্পর স্বতন্ত্র এবং প্রত্যেকের কতকগুলি নিজস্ব ধর্ম আছে। আবার, অনেক ক্ষেত্রে এমনও দেখা যাইবে যে, বিভিন্ন পদার্থ বিভিন্ন প্রয়োজনে লাগে, তাহাদের আকার-আয়তন ইত্যাদিও এক নয়, কিন্তু তাহারা একই উপাদানে গঠিত বা একই বস্তু হইতে উৎপন্ন। যেমন কলের পাইপ, কলমের নিব, বুন্‌সেন দীপ, ঘরের কড়ি, ইত্যাদি সবই বিভিন্ন পদার্থ, কিন্তু একই উপাদান লৌহদ্বারা তৈয়ারী।

পদার্থের কোন শ্রেণীগত বিভাগ করিতে হইলে উহাদের উপাদানের কথাই প্রথমে ভাবিতে হইবে। প্রত্যেকটি পদার্থ যে একটি মাত্র উপাদানে গঠিত হইবে এমন কোন নিশ্চয়তা নাই। দুধ যেমন জল, স্নেহদ্রব্য, শর্করা, প্রোটিন ইত্যাদি বিভিন্ন বস্তুর সংমিশ্রণে তৈয়ারী, সেই রকম কাদামাটিতেও আমরা বহু রকমের কঠিন দ্রব্য এবং জল দেখিতে পাই। সুতরাং অনেক পদার্থে দুই বা ততোধিক বস্তু একত্র মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। এই সকল মিশ্রিত পদার্থের উপাদানগুলি পদার্থটির সমস্ত অংশে সমান অনুপাতে নাও থাকিতে পারে। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায় যে যদি কিছুটা নদীর জল একটি কাচের গ্লাসে রাখিয়া দেওয়া যায়, তবে দেখা যায় নীচের দিকে অনেকটা মাটি ও বালি জমা হইয়াছে। গ্লাসের উপরের অংশে জল ও মাটির অনুপাত নীচের অংশের অনুপাতের সমান নয়। আবার অনেক পদার্থ আছে, যাহাতে পদার্থটির যে কোন অংশে উপাদানগুলির অনুপাত একরকম। যেমন—দুধ একটি গ্লাসে রাখিলে উহার যে কোন অংশে জল বা প্রোটিন বা শর্করার অংশ একই দেখা যায়। বলা বাহুল্য, যে সমস্ত পদার্থে একটি মাত্র উপাদান আছে, উহা কাহারও সহিত মিশ্রিত নয়, তাহাদের সমস্ত অংশই একই ভাবে গঠিত।

যে সকল মিশ্রিত পদার্থে বিভিন্ন উপাদানের অনুপাত বিভিন্ন অংশে অ-সমান তাহাদিগকে **অ-সমসত্ত্ব পদার্থ (Heterogeneous bodies)** বলে এবং যে সকল মিশ্রিত পদার্থের সর্বাংশে উপাদানগুলির আনুপাতিক হার সমান তাহাদিগকে **সমসত্ত্ব পদার্থ (Homogeneous bodies)** বলে।

একটিমাত্র উপাদানে গঠিত পদার্থগুলিকে বিশুদ্ধ পদার্থ বলিতে পারা যায়। অন্য কোন পদার্থ উহাতে মিশ্রিত নাই বলিয়া বিশুদ্ধ পদার্থমাত্রই সমসত্ত্ব শ্রেণীর। বিশুদ্ধ পদার্থগুলিকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়—**মৌলিক** ও **যৌগিক** পদার্থ।

মৌলিক পদার্থ: যে সকল পদার্থ হইতে বিশ্লেষণের ফলে উহা ব্যতীত নূতন ধর্মবিশিষ্ট অন্য কোন পদার্থ পাওয়া যায় না, তাহাদিগকে **মৌলিক পদার্থ** বা **মৌল** বলে। স্বর্ণ, লৌহ, গন্ধক, পারদ, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থ, ইহাদের বিশ্লেষণের ফলে কোন নূতন পদার্থ পাওয়া যায় না। শুধু পারদ হইতে পারদ ব্যতীত অন্য কোন বস্তু কোন উপায়ে বা

কোন রকম শক্তির প্রয়োগেই পাওয়া সম্ভব নয়। সুতরাং পারদ একটি মৌলিক পদার্থ। তবে ইহা হইতে একথা বলা চলে না যে পারদ আর কোন বস্তুতে পরিবর্তিত হইতে পারিবে না। কারণ, এই পারদই উত্তপ্ত অবস্থায় অক্সিজেনের সহযোগে লাল মারকিউরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। এই পরিবর্তনের জন্য অপর একটি পদার্থকে ইহার সহিত যুক্ত হইতে হইয়াছে। কেবলমাত্র পারদ হইতে ইহা পাওয়া যায় নাই। মারকিউরিক অক্সাইডকে মৌলিক পদার্থ বলা যায় না, ইহা পারদ হইতে জটিলতর পদার্থ এবং ইহাকে বিশ্লেষণ করিলে আবার পারদ ও অক্সিজেন পাওয়া যাইবে।

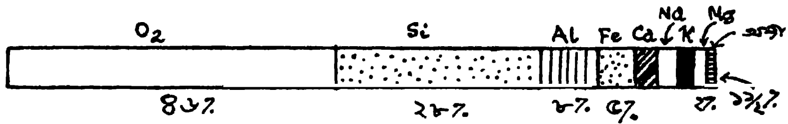
যৌগিক পদার্থঃ বিশ্লেষণের ফলে যে সমুদয় পদার্থ হইতে তুই বা ততোধিক আরও সরল পদার্থ বা মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায় তাহাদিগকে **যৌগ** বা **যৌগিক পদার্থ** বলে। জল, চিনি, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, লবণ, তেল, তূলা, বোরিক অ্যাসিড ইত্যাদি যৌগিক পদার্থ। বিদ্যুৎপ্রবাহ জলকে বিশ্লেষণ করে ; ফলে, তুইটি মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়। চিনি বিশ্লেষণ করিলে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও কার্বন পাওয়া যায়। অতএব জল, চিনি ইত্যাদি যৌগিক পদার্থ।

অন্যভাবে আমরা বলিতে পারি, তুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের মিলনে যে নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় তাহাকে যৌগিক পদার্থ বলা হয়। এই মিলন শুধুমাত্র সংমিশ্রণ নয় ; ইহাতে আরও গভীরতর রাসায়নিক সংযোগ প্রয়োজন।

প্রকৃতিতে অগণিত যৌগিক পদার্থ আছে কিন্তু সেই তুলনায় মৌলিক পদার্থের সংখ্যা খুব কম। আপাততঃ রসায়নবিদ্‌গণ মনে করেন সর্বসুদ্ধ প্রায় ৯৮টি মৌলিক পদার্থ আছে। জড়জগতের সমস্ত বস্তুই মোটামুটি ঐ ৯৮টি মৌলিক পদার্থের তুই বা ততোধিক সংখ্যা হইতে সৃষ্ট হইয়াছে।

মৌলিক পদার্থসমূহের অধিকাংশই পৃথিবীতে অন্য মৌলিক পদার্থের সহিত যুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। যেমন—সোডিয়াম (লবণে), ক্যালসিয়াম (মার্বেল পাথরে), ফসফরাস (হাড়ে) ইত্যাদি। আবার কতকগুলি মৌলিক পদার্থ মুক্ত (বা স্বতন্ত্র) এবং অসংযুক্ত অবস্থাতেই পৃথিবীতে পাওয়া যায় ঃ—স্বর্ণ, রৌপ্য, অক্সিজেন, অঙ্গার, গন্ধক ইত্যাদি।

মৌলিক পদার্থগুলির প্রায় পঁচিশটি পৃথিবীতে পর্যাপ্ত পরিমাণে পাওয়া যায়, অন্যান্য মৌলের পরিমাণ পৃথিবীতে কম। বিজ্ঞানীরা মনে করেন, পৃথিবীর কেন্দ্রে প্রচুর লৌহ আর নিকেল আছে। উহার চারিদিক গভীর সিলিকেট পাথরে আবৃত। পৃথিবীর উপরের ১০-১৫ মাইল স্তরকে ভূপৃষ্ঠ বলা হয়। এই ভূপৃষ্ঠের সহিতই আমাদের পরিচয়। ভূপৃষ্ঠের বিশ্লেষণে দেখা যায়,



চিত্র ২ক—ভূপৃষ্ঠের মৌলের অনুপাত

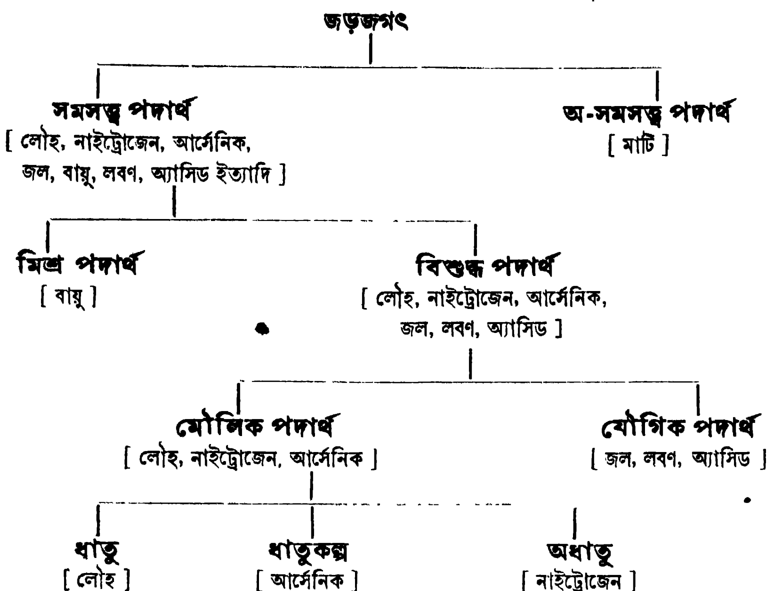
ইহার প্রায় অর্ধাংশই অক্সিজেন এবং তাহার পরেই সিলিকন। ভূপৃষ্ঠের প্রধান প্রধান মৌলগুলির পরিমাণ এইরূপ :—

অক্সিজেন—৪৬%	ক্যালসিয়াম—৩·৫%
সিলিকন—২৮%	সোডিয়াম—৩%
অ্যালুমিনিয়াম—৮%	পটাসিয়াম—২·৫%
লৌহ—৫%	ম্যাগনেসিয়াম—২%

অন্যান্য—১·৫%

মৌলসমূহকে আবার আরও তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে :—**ধাতু, অধাতু** এবং **ধাতুকল্প**। ধাতু বা ধাতব পদার্থসকল, যেমন—স্বর্ণ, তাম্র ইত্যাদি, সাধারণতঃ তাপ ও তড়িৎপরিবাহী ; উহাদের দ্যুতি, প্রসার্যতা (ductility) এবং অধিকতর ঘাতসহতা (malleability) প্রভৃতি কতকগুলি বিশেষ ধর্ম দেখা যায়। অন্যদিকে অধাতু পদার্থসকলের, যেমন—সালফার, কার্বন, অক্সিজেন ইত্যাদির, দ্যুতি, তাপ ও তড়িৎ-পরিবাহিতা প্রায় নাই, তাহাদের প্রসার্যতা ও ঘাতসহতা খুব কম। আবার কোন কোন মৌলিক পদার্থ ধাতু এবং অধাতু পদার্থের মাঝামাঝি গুণসম্পন্ন এবং কতক পরিমাণে উভয় শ্রেণীরই ধর্ম প্রকাশ

করে—ইহাদের **ধাতুকল্প** বলা হয়। যেমন—আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি। অতএব বস্তুজগতের শ্রেণীবিভাগ নিম্নলিখিত উপায়ে করা হইয়াছে :—



২-৫। **পদার্থের গঠন** : বিশুদ্ধ পদার্থকে **যৌগিক** এবং **মৌলিক** এই দুই ভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে। অতঃপর এই দুই শ্রেণীর গঠন সম্বন্ধে কিছু জানা প্রয়োজন।

মৌলিক পদার্থ: মৌলিক পদার্থগুলি একটিমাত্র উপাদান দ্বারা গঠিত এবং প্রত্যেকটি মৌলিক পদার্থের স্বকীয় কতকগুলি ধর্ম আছে। একখণ্ড লৌহ যদি খুব ছোট ছোট অংশে বিভক্ত করা যায় তাহা হইলে প্রতিটি ক্ষুদ্র অংশে লৌহের সমস্ত গুণ বর্তমান থাকে। এই ছোট টুকরাগুলি যদি আরও ক্ষুদ্রতর অংশে ভাগ করিতে থাকি তবে উহারা আয়তনে ও ওজনে কম হইতে থাকিবে, কিন্তু উহারা মৌলিক পদার্থ লৌহরূপেই থাকিবে। ক্রমাগত এইরূপ বিভাগের ফলে তাহারা এত সূক্ষ্ম হইয়া পড়িবে যে, খুব শক্তিশালী অণুবীক্ষণেও ধরা পড়িবে না। কিন্তু যদি কোন উপায়ে উহাদিগকে আরও ক্ষুদ্রতর অংশে বিভক্ত করিতে থাকা যায় তবে শেষ পর্যন্ত আমরা একটি সূক্ষ্মতম লৌহ-কণিকায় আসিয়া পৌঁছিব, যাহাকে আর বিভক্ত করা চলে না। এই ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য

লৌহ-কণিকাকে লৌহের **পরমাণু** নামে অভিহিত করা হয়। বলা বাহুল্য, এই সূক্ষ্মতম কণাগুলিতেও লৌহের সমস্ত ধর্মই বিদ্যমান। এই ক্ষুদ্রতম কণাগুলিকে গ্রীক দার্শনিক ডিমক্রিটস নামকরণ করিলেন **'অ্যাটম'** (অর্থাৎ অবিভাজ্য)। অতএব আমরা বলিতে পারি, একটি লৌহখণ্ড অসংখ্য লৌহ-পরমাণুর সমষ্টি মাত্র। অবশ্য এই সকল লৌহপরমাণু আয়তনে, আকারে, ওজনে ও ব্যবহারে সম্পূর্ণ অভিন্ন।

লৌহের মত অন্য যে কোন মৌলিক পদার্থকে লইয়া উপরোক্ত উপায়ে বিভক্ত করিয়া দেখান সম্ভব যে প্রতিটি মৌলিক পদার্থ ই তাহাদের স্ব স্ব পরমাণু দ্বারা গঠিত। একটু পারদ বা একটু অক্সিজেন যথাক্রমে পারদ ও অক্সিজেন পরমাণুর সমষ্টি। অবশ্য বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু বিভিন্ন। স্বর্ণের পরমাণুগুলির সব একরকম, কিন্তু কার্বন বা রৌপ্যের পরমাণু হইতে ওজনে ও ধর্মে সম্পূর্ণ পৃথক।

আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি, দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলনে যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি হয়। দুইটি মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলনের অর্থ ঐ দুইটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির একত্র কোন **'সুনির্দিষ্ট সমাবেশ'**। পরমাণুগুলি অবিভাজ্য।* সুতরাং এইরূপ রাসায়নিক মিলনে একটির চেয়ে কম পরমাণু কখনও অংশ গ্রহণ করিতে পারে না। অতএব পরমাণুর সংজ্ঞা হিসাবে বলা যায়—"মৌলিক পদার্থের সূক্ষ্মাতিসূক্ষ্মতম অংশ, যাহাতে সেই পদার্থের সমস্ত ধর্ম বিদ্যমান এবং যাহার চেয়ে সূক্ষ্ম কোনও অংশ ঐ পদার্থের কোন রাসায়নিক পরিবর্তনে অংশ গ্রহণ করিতে পারে না, তাহাকেই সেই মৌলিক পদার্থের পরমাণু বলা যাইতে পারে।"

অনেক ক্ষেত্রে পরমাণুগুলি একাকী থাকিতে পারে না, অর্থাৎ একটি পরমাণুর স্বাধীন অস্তিত্ব নাই, দুই বা ততোধিক পরমাণু একত্র অবস্থান করে। অতএব অনেক মৌলিক পদার্থ হইতে একটি মাত্র পরমাণু আলাদা করা সম্ভব নয়। যেমন, অক্সিজেন বা আয়োডিনে সর্বদা দুইটি পরমাণু একত্র থাকে, ফসফরাসে

* অবশ্য পরমাণুকে এখন আর অবিভাজ্য বলা চলে না। বর্তমানে বিজ্ঞানীরা পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করিয়াছেন যে পরমাণুকেও ভাঙ্গা সম্ভব। কিন্তু পরমাণুকে ভাঙ্গিয়া ফেলিলে কতকগুলি বিদ্যুৎকণা পাওয়া যায়, কিন্তু উহাতে আদি পদার্থের কোন গুণ থাকে না। এই বিষয়ে পরে আলোচনা করা হইবে।

চারিটি পরমাণু একত্র থাকে। আবার অনেক ক্ষেত্রে, বিশেষতঃ ধাতুগুলিতে, একটি পরমাণুরও স্বাধীন সত্তা আছে। স্বাধীনসত্তাসম্পন্ন মৌলিক পদার্থের এই ক্ষুদ্র অংশগুলিকে মৌলিক পদার্থের **'অণু'** বলে। সমস্ত অণুই পরমাণু দ্বারা গঠিত এবং অণুগুলিতে সেই মৌলিক পদার্থের সমস্ত ধর্মই বর্তমান। যে সকল মৌলিক পদার্থে একটি পরমাণুই স্বাধীনভাবে বিদ্যমান, অন্য সহচরের প্রয়োজন হয় না, সেই সব ক্ষেত্রে অণু ও পরমাণু অভিন্ন। অন্যান্য ক্ষেত্রে অণুগুলি একাধিক পরমাণু হইতে সৃষ্ট। পরমাণুর সংখ্যা অনুসারে, এই অণুগুলিকে **একপরমাণুক** অণু, **দ্বিপরমাণুক** অণু ইত্যাদি বলা হইয়া থাকে।

যৌগিক পদার্থঃ যৌগসমূহ একাধিক মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক মিলনে উৎপন্ন হয়। চিনি একটি যৌগিক পদার্থ। বিশ্লেষণে দেখা যায়—অঙ্গার, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই তিনটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা চিনি গঠিত। প্রত্যেক পদার্থের মত চিনিরও কতকগুলি স্বকীয় গুণ আছে। যেমন—উহা স্বাদে মিষ্ট, জলে দ্রবীভূত হয়, ইত্যাদি। এখন এক ডেলা চিনি লইয়া যদি উহা ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অংশে বিভক্ত করি, তাহা হইলে অংশগুলি আয়তনে ও ওজনে কমিয়া যাইবে সত্য, কিন্তু এই ক্ষুদ্র অংশগুলি চিনিই থাকিবে। ক্রমাগত এইভাবে প্রতিটি ছোট ছোট অংশকে বিভক্ত করিতে থাকিলে আমরা ক্রমে ক্রমে সূক্ষ্ম হইতে সূক্ষ্মতর অংশ পাইতে থাকিব এবং অবশেষে চিনির এমন একটি সূক্ষ্মাতিসূক্ষ্ম অংশে উপনীত হইব যাহাকে আর বিভক্ত করার চেষ্টা করিলে উহা আর চিনি থাকিবে না। তখন এই ক্ষুদ্রতর অংশটি ভাঙ্গিয়া উহার গঠনকারী মৌলিক পদার্থের পরমাণুতে পরিবর্তিত হইয়া যাইবে। চিনির এই সূক্ষ্মতম অংশ, যাহাতে চিনির সমস্ত ধর্ম বজায় থাকে এবং যাহা চিনি হিসাবে অবিভাজ্য তাহাকে চিনির **'অণু'** বলা হয়। যেহেতু এই অণুগুলিও চিনি সুতরাং উহাতে চিনির মৌলিক পদার্থগুলিকেও থাকিতে হইবে। অর্থাৎ, চিনির অণুসমূহ অঙ্গার, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত এবং চিনির ছোট ছোট স্ফটিকগুলি কোটি কোটি অণুর সমষ্টিমাত্র। শুধু চিনি নয়, যে কোন যৌগিক পদার্থই এইরূপে গঠিত। জল বা খড়িমাটি তাহাদের নিজ নিজ অণুর সমষ্টি। জলের অণু উহার ক্ষুদ্রতম অংশ, যাহাতে জলের সমস্ত ধর্ম বিদ্যমান, এবং এই অণু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর সমবায়ে উৎপন্ন। আর একটি কথা স্মরণ রাখিতে হইবে। মৌলিক-যৌগিক পদার্থ-

নির্বিশেষে অণুমাত্রেরই স্বাধীন অস্তিত্ব আছে, এবং উহা একক ভাবে অবস্থান করিতে পারে।

২-৬। অণু ও পরমাণু: মৌল এবং যৌগসমূহের গঠন-প্রণালী হইতে দেখা গিয়াছে, ইহাদের ভিতর পরমাণু এবং অণুর সমষ্টি বর্তমান। এখন এই অণু ও পরমাণুর বৈজ্ঞানিক লক্ষণ দেওয়া যাইতে পারে। স্বাধীনসত্তাসংযুক্ত পদার্থের সমস্ত ধর্মসম্পন্ন ক্ষুদ্রতম অংশকেই উহার **অণু** বলা হয়, পদার্থটি যৌগিক অথবা মৌলিক যে রকমই হউক না কেন। যৌগিক পদার্থ জল যেমন জলের অণুর সমষ্টি, মৌলিক পদার্থ কার্বন তেমনই কার্বনের অণুর সমষ্টি।

যৌগিক অথবা মৌলিক পদার্থের এই অণুগুলি আবার পরমাণুর সাহায্যে গঠিত। মৌলিক পদার্থের পরমাণুতে ঐ পদার্থটির সকল ধর্মই অব্যাহত থাকে। যৌগিক পদার্থের কোন পরমাণু হইতে পারে না, অণুই উহার ক্ষুদ্রতম অস্তিত্ব। যৌগিক পদার্থের অণুগুলিতে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু বর্তমান। কেন না, যৌগিক পদার্থ বিভিন্ন মৌলিক পদার্থে গড়া। অন্যদিকে মৌলিক পদার্থের অণুগুলিতে একাধিক পরমাণু থাকা অসম্ভব নয় (যেমন, অক্সিজেন বা আয়োডিনে), কিন্তু এই পরমাণুগুলি সব একরকমের। ইহাই যৌগিক ও মৌলিক পদার্থের গঠন-বিভিন্নতা। হাইড্রোজেনের একটি অণুতে দুইটি পরমাণু আছে, দুইটিই এক প্রকারের। কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতেও দুইটি পরমাণু আছে—একটি হাইড্রোজেনের, অপরটি ক্লোরিনের পরমাণু।

২-৭। ডালটনের পরমাণুবাদ: এযুগে সর্বপ্রথম সুনির্দিষ্টভাবে বস্তুর গঠন সম্বন্ধে মতবাদ দিয়াছেন ইংরেজ বিজ্ঞানবিদ্ জন ডাল্টন। ইহাকে ডালটনের পরমাণুবাদ বলা হয়। ইহাতে তিনি কয়েকটি স্বীকার্য উত্থাপন করিয়াছেন:

(১) মৌলিক পদার্থসমূহ অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র নিরেট কণার সমন্বয়ে গঠিত হইয়াছে। এই ক্ষুদ্র কণাগুলি অ-খণ্ডনীয় এবং ইহাদের পরমাণু বলা যাইতে পারে।

(২) একই মৌলিক পদার্থের সমস্ত পরমাণু একই ওজনের হয়। অন্য রকমেও উহারা অভিন্ন। বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু বিভিন্ন।

(৩) বিভিন্ন মৌলিক পদার্থ হইতে এক বা একাধিক পরমাণুর সুনির্দিষ্ট

সমাবেশে রাসায়নিক সংযোগ ঘটিয়া থাকে। অর্থাৎ দুই বা বহু বিভিন্ন পরমাণুর সংযোগে যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশের সৃষ্টি হয়।

বহু রকমের পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণের সাহায্যে এই স্বীকার্যগুলির অন্তর্নিহিত সত্যতা প্রমাণিত হইয়াছে।*

বস্তুতঃ, ডালটনের এই পরমাণুবাদই বর্তমান রসায়ন শাস্ত্রের ভিত্তি স্থাপনা করিয়াছে সন্দেহ নাই, এবং ইহার সাহায্যেই সমস্ত রকম রাসায়নিক প্রক্রিয়া ও পরিবর্তন বুঝিতে পারা সম্ভব হইয়াছে।

২-৮। পদার্থের পরিবর্তন: আমাদের চারিদিকের বস্তুজগতে প্রতিনিয়ত অসংখ্য পরিবর্তন সাধিত হইতেছে। এই সকল পরিবর্তন প্রকৃতিতে অনেক সময় আপনা-আপনিই হয়, আবার আমরা নিজেরাও প্রায়ই বিভিন্ন শক্তির সাহায্যে বস্তুর পরিবর্তন সাধন করি। পর্বতের উপরের কঠিন তুষার গলিয়া জল হইতেছে; নদী ও সাগরের জল সূর্যের উত্তাপে বাষ্প হইয়া যাইতেছে; বাতাসে থাকিয়া লোহে মরিচা পড়িতেছে; বীজ হইতে গাছ এবং সেই গাছে ক্রমে ফুল-ফল হইতেছে; অঙ্গার পুড়িয়া ভস্ম ও গ্যাস হইতেছে; ফুটন্ত জলে চাউল ভাতে পরিণত হইতেছে,—নিরন্তর এই রকম অসংখ্য পরিবর্তন বস্তুজগতের স্বাভাবিক ঘটনা। মোটামুটি বস্তুর এই সব পরিবর্তনকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হয়:—(১) **অবস্থাগত** বা **ভৌত পরিবর্তন** এবং (২) **রাসায়নিক পরিবর্তন**।

অবস্থাগত বা ভৌত পরিবর্তন (Physical change): যে সমস্ত পরিবর্তনে পদার্থের শুধু বাহ্যিক পরিবর্তনই হয়, কিন্তু যে সকল অণুদ্বারা পদার্থটি গঠিত উহাদের কোন পরিবর্তন হয় না, তাহাকে **অবস্থাগত পরিবর্তন** বলা যাইতে পারে। এই সব পরিবর্তনে অবস্থাগত ধর্মগুলি বদলাইয়া যাইতে পারে, কিন্তু পদার্থের রাসায়নিক ধর্মের কোন ব্যতিক্রম হয় না। যেমন, জল উত্তপ্ত করিলে বাষ্পে পরিণত হয়। এই পরিবর্তনে অবস্থার প্রকারভেদ ঘটিয়াছে সত্য, অর্থাৎ জলের আয়তন, ঘনত্ব, স্বচ্ছতা ইত্যাদি গুণ লোপ হইয়াছে, কিন্তু জল ও বাষ্পের অণুগুলি একই রহিয়াছে। বাষ্পকে শীতল করিলেই আবার

* আধুনিক গবেষণার ফলে ডালটনের এই স্বীকার্যগুলির ব্যাখ্যা ও প্রয়োগের খানিকটা পরিবর্তন প্রয়োজন হইয়াছে। এবিষয়ে পরে বিশদ আলোচনা করা হইবে।

জল পাওয়া যাইবে। বস্তুতঃ, ইহাতে পদার্থের আভ্যন্তরিক বস্তুর কোন পরিবর্তন হয় নাই।

সাধারণ অবস্থায় বরফ রাখিয়া দিলে উহা তাপ গ্রহণ করিয়া ধীরে ধীরে গলিয়া জলে পরিণত হয়। আবার, খুব শীতল করিলে জল জমিয়া বরফে পরিণত হয়। সেইরূপ, খানিকটা মোম লইয়া উত্তপ্ত করিলে উহা তরল হইয়া যায়, আবার ঠাণ্ডা করিলে কঠিনাকার ধারণ করে। এই সব ক্ষেত্রে, বস্তুর কোন পরিবর্তন হয় না। শুধু অবস্থার পরিবর্তন হয়। এগুলি ভৌত পরিবর্তন।

বিদ্যুৎপ্রবাহের সাহায্যে বৈদ্যুতিক বাল্‌বের ভিতরের তারটি আলো বিকিরণ করিতে থাকে। যদি বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়, সেই তারটি তখন আর আলো দিতে সক্ষম হয় না, অর্থাৎ তাহার আলো বিকিরণের ধর্মটি আর থাকে না। এই যে পরিবর্তন তাহাতে তারটি যে-সকল অণুদ্বারা গঠিত তাহাদের কোন পরিবর্তন হয় নাই, কেবল উহার বাহ্যিক অবস্থাগত ধর্মের ব্যতিক্রম হইয়াছে মাত্র। সুতরাং, ইহা ভৌত বা অবস্থাগত পরিবর্তন।

একটি নরম লৌহদণ্ডের চারিদিকে অন্তরিত তার জড়াইয়া সেই তারের ভিতর বিদ্যুৎপ্রবাহ পরিচালিত করিলে, লৌহটি চুম্বকে পরিণত হয়। বিদ্যুৎ-প্রবাহ বন্ধ করিয়া দিলে আবার উহার চুম্বকত্ব লোপ পায়। ইহাও ভৌত পরিবর্তন।

জলের সহিত লবণ মিশ্রিত করিলে, কঠিন লবণ দ্রব হইয়া অদৃশ্য হইয়া পড়ে। কিন্তু আবার উত্তাপের সাহায্যে জল বাষ্পাকারে সরাইয়া লইলে সেই জল হইতে সম্পূর্ণ লবণই ফিরিয়া পাওয়া যায়। দ্রব অবস্থায় লবণের এই পরিবর্তনটি নিতান্তই অবস্থাগত, কারণ জলের সঙ্গে থাকিলেও লবণ লবণই থাকে ; উহার অণুগুলির কোন পরিবর্তন হয় না।

এই রকম আরও বহু দৃষ্টান্ত দেওয়া যাইতে পারে। অবস্থাগত পরিবর্তনের বিশেষত্ব এই—যে সকল কারণ এবং শক্তির প্রয়োগে এই সকল পরিবর্তন সাধিত হয়, সেই সকল কারণ বা শক্তি অপসারণ করিলেই পদার্থের পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া আসা সম্ভব। এই দিক হইতে দেখিতে গেলে অবস্থাগত পরিবর্তন অস্থায়ী।

রাসায়নিক পরিবর্তন (Chemical change) : পদার্থের যে সকল পরিবর্তনের ফলে উহার অণুগুলি বদলাইয়া নূতন অণুর সৃষ্টি হয়, তাহাকেই **রাসায়নিক পরিবর্তন** বলে। যেহেতু অণুগুলি নূতন, সুতরাং যে

পদার্থটির সৃষ্টি হয় তাহাও সম্পূর্ণ নূতন। পদার্থ টি নূতন বলিয়া ইহার ধর্মগুলিও পূর্বের পদার্থের ধর্ম হইতে বিভিন্ন। অবশ্য রাসায়নিক পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অবস্থাগত পরিবর্তনও অবশ্যম্ভাবী।

একটু গন্ধক যদি আগুনে পোড়ান হয় তবে উহা হইতে একপ্রকার গ্যাস পাওয়া যায়—উহার নাম 'সালফার ডাই-অকসাইড'। এই গ্যাসটি গন্ধক হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন পদার্থ, ইহার ধর্মগুলিও গন্ধকের মত নয়। গন্ধক কেবল গন্ধক-পরমাণু দ্বারা গঠিত, আর 'সালফার ডাই-অকসাইড'-অণু গন্ধক ও অক্সিজেনের পরমাণু দ্বারা গঠিত। ইহাকে **রাসায়নিক পরিবর্তন** বলিতে হইবে।

এক টুকরা তামার পাত যদি 'নাইট্রিক অ্যাসিডে' দেওয়া যায়, তবে অতি সহজে উহা দ্রব হইয়া যাইবে। একটি লাল রঙের গ্যাস নির্গত হইবে এবং পাত্রস্থ নাইট্রিক অ্যাসিড একটি সবুজ তরল পদার্থে পরিণত হইবে; উহার নাম 'কপার নাইট্রেট'। 'কপার নাইট্রেট'-এর অণুগুলি তামার অণু হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন এবং একটি নূতন পদার্থ। সুতরাং, ইহাও একটি রাসায়নিক পরিবর্তন। লবণের জলে দ্রব হওয়া এবং তামার নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রব হওয়ার মধ্যে একটা মৌলিক প্রভেদ আছে। প্রথম ক্ষেত্রে পদার্থ একই থাকে, শুধু উহার অবস্থান্তর ঘটে। দ্বিতীয় ক্ষেত্রে একটি নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয়।

জলের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ দিলে, জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হয়। এই গ্যাস দুইটি জল হইতে সম্পূর্ণ বিভিন্ন; ইহারা মৌলিক পদার্থ, জল যৌগিক পদার্থ। সুতরাং জলের এই বিশ্লেষণ রাসায়নিক পরিবর্তন ছাড়া আর কিছু নয়।

এই রকম আরও সহস্র সহস্র উদাহরণ দেওয়া যাইতে পারে। এক টুকরা আয়োডিন যদি এক টুকরা সাদা ফসফরাসের সঙ্গে একত্র হয় তবে তৎক্ষণাৎ স্ফুলিঙ্গ সহকারে একটি গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহার নাম ফসফরাস-আয়োডাইড। ইহা একটি নূতন পদার্থ এবং পরিবর্তনটি রাসায়নিক।

কেরোসিন তেল পুড়িয়া যখন আলো বিকিরণ করে তখন উহা মুখ্যতঃ দুইটি নূতন পদার্থে পরিণতি লাভ করে—'কার্বন-ডাই-অকসাইড' ও 'বাষ্প'। সুতরাং কেরোসিন পোড়ার সময় রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে।

খানিকটা বিশুদ্ধ চুন লইয়া উহাতে জল মিশাইলে, প্রচুর তাপ-সৃষ্টি হয় এবং

জল ফুটিতে থাকে। ইহাতে চুন কলিচুনে পরিণত হইয়া যায়। ইহাও একটি রাসায়নিক পরিবর্তন।

লোহা বাহিরে রাখিয়া দিলে উহাতে মরিচা ধরে। মরিচাতে লোহার ধর্মগুলি আর থাকে না। উহাও নূতন পদার্থ। অতএব, এই পরিবর্তনটিও রাসায়নিক।

রাসায়নিক পরিবর্তনের আর একটি দিক আছে। যখনই কোন পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে তখনই কিছু না কিছু তাপশক্তি পদার্থটি গ্রহণ করিবে বা বাহির করিয়া দিবে। রাসায়নিক পরিবর্তনের ইহা একটি বিশেষ লক্ষণ।

অবস্থাগত ও রাসায়নিক পরিবর্তন সম্বন্ধে আমরা মোটামুটি নিম্নলিখিত কথাগুলি মনে রাখিতে পারি।

অবস্থাগত পরিবর্তন	রাসায়নিক পরিবর্তন
১। পদার্থের অবস্থাগত ধর্মের পরিবর্তন ঘটে মাত্র, আভ্যন্তরিক অণুগুলি একই থাকে। ফলে, পদার্থের ধর্মের বাহ্যিক বা সামান্য পরিবর্তন ঘটে।	১। পদার্থের অণুগুলি পরিবর্তিত হইয়া সম্পূর্ণ নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। নূতন পদার্থের ধর্মও নূতন হয়। ফলে, পদার্থের আমূল পরিবর্তন ঘটে।
২। অবস্থাগত পরিবর্তন অস্থায়ী হয়। যদ্দ্বারা এই সব পরিবর্তন সাধিত হয় তাহাদের সরাইয়া লইলে পূর্বাবস্থায় যাওয়া সম্ভব হয়।	২। এই পরিবর্তনগুলি স্থায়ী হয়, সহজে আর পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া যাওয়া সম্ভব নহে।
৩। এই সকল পরিবর্তনে তাপ বিনিময় হইতেও পারে, নাও হইতে পারে। যে সকল বিক্রিয়াতে তাপের উদ্ভব হয় তাহাদিগকে 'তাপ-উদ্গারী বিক্রিয়া' বলে (exothermic reactions)। পক্ষান্তরে বিক্রিয়াতে তাপের শোষণ হইলে উহাকে 'তাপগ্রাহী বিক্রিয়া' (endothermic reactions) বলা হয়।	৩। এই পরিবর্তনে তাপ বিনিময় হইতেই হইবে।

২-৯। সাধারণ মিশ্রণ এবং রাসায়নিক সংযোগঃ পদার্থের গঠন ও পরিবর্তনের বিষয় আমরা মোটামুটি জানিতে পারিয়াছি। এখন দেখা প্রয়োজন বিভিন্ন পদার্থ একত্র হইলে তাহাদের ব্যবহার কি রকম

হইবে। দুই বা ততোধিক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ একত্র থাকার দুইটি উপায় আছে।

(১) **সাধারণ মিশ্রণ:** দুই বা ততোধিক পদার্থ একত্র সাধারণ-ভাবে মিশিয়া কেবলমাত্র পাশাপাশি অবস্থান করিতে পারে। ইহাকে পদার্থের **সাধারণ মিশ্রণ** বলা হয় এবং একত্রিত পদার্থকে **মিশ্র পদার্থ (mechanical mixture)** বলে। সাধারণ মিশ্রণে উপাদানগুলির স্ব স্ব প্রকৃতি ও ধর্ম অব্যাহত থাকে এবং এই উপাদানগুলিকে সহজভাবে ও নানা স্থূল উপাযে পৃথক করা সম্ভব। যদি কিছুটা বালু ও লবণ একত্র মিশান হয়, তবে একটি মিশ্র পদার্থ হয়। উহাতে বালু এবং লবণ উভযেরই গুণ বা ধর্ম অব্যাহত থাকে। জল এবং লবণ মিশাইলে যে দ্রবণ প্রস্তুত হইল তাহাও একটি মিশ্র পদার্থ। কারণ উক্ত দ্রবণে জল এবং লবণ উভয়ের গুণ ও ধর্ম বিদ্যমান।

(২) **রাসায়নিক সংযোগ বা মিলন:** যখন দুই বা ততোধিক পদার্থ একত্র হইয়া পরস্পরের মধ্যে বিক্রিয়াব ফলে নূতন পদার্থেব সৃষ্টি করে, তখন উহাকে **রাসায়নিক সংযোগ** বা **মিলন** বলে। নূতন যে পদার্থের সৃষ্টি হইল, তাহাকে অবশ্যই যৌগিক পদার্থ হইতে হইবে। এই নূতন পদার্থ পূর্বের উপাদানগুলি হইতে স্বতন্ত্র হইবে এবং ভিন্ন ধর্মাবলম্বী হইবে। তাহা ছাড়া, এই নূতন পদার্থ হইতে পূর্বেব উপাদানগুলি আবার ফিরিয়া পাওয়া সুকঠিন এবং অনেক ক্ষেত্রে অসম্ভব। এক টুকরা সাদা ফসফরাস ও এক টুকরা আয়োডিন যদি একত্র করা যায় তবে তৎক্ষণাৎ অগ্নি-স্ফুলিঙ্গ সহকারে উহারা একটি নূতন পদার্থে পরিণত হয়। এই পদার্থটি আয়োডিন ও ফসফরাস হইতে সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র। ইহাকে রাসাযনিক সংযোগ বলিতে হইবে।

এক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম যদি অক্সিজেন গ্যাসে তাপিত করা হয় তবে উভয়ে মিলিয়া ম্যাগনেসিয়াম অকসাইড নামক পদার্থে পরিণত হয়। ইহা একটি রাসায়নিক সংযোগ; কারণ, উৎপন্ন পদার্থটি ম্যাগনেসিয়াম বা অক্সিজেন গ্যাস হইতে সম্পূর্ণ পৃথক।

গন্ধক ও লৌহচুর লইয়া নিম্নলিখিত পরীক্ষাটি করিলে মিশ্রণ ও রাসায়নিক সংযোগের পার্থক্য সহজেই বুঝা যাইবে।

পরীক্ষা: গন্ধক (৪ ভাগ) ও লৌহচুর (৭ ভাগ) একত্র করিয়া একটি খলের মধ্যে উত্তমরূপে মিশাও।

(১) একটুখানি মিশ্রিত পদার্থ একটি অণুবীক্ষণ বা একটি লেনসের সাহায্যে পরীক্ষা কর। দেখিবে, কালো লৌহকণা ও হলুদ গন্ধককণাগুলি পাশাপাশি ছড়াইয়া আছে, তাহাদের কোন মৌলিক পরিবর্তন হয় নাই।

(২) একটুখানি মিশ্রিত পদার্থ একটি কাগজের উপর ছড়াইয়া দিয়া একটি চুম্বক দ্বারা স্পর্শ কর। দেখিবে লৌহকণাগুলি চুম্বকের আকর্ষণে উঠিয়া আসিবে, এবং কাগজের উপর গন্ধক পড়িয়া থাকিবে।

(৩) একটি পাত্রে খানিকটা মিশ্রিত পদার্থ লইয়া কার্বন ডাই-সালফাইড নামক তরল পদার্থ দিয়া ভাল করিয়া নাড়িয়া লও। কার্বন ডাই-সালফাইডে গন্ধক দ্রব হইয়া যাইবে, কিন্তু লৌহ পড়িয়া থাকিবে। ফিল্টার কাগজের সাহায্যে লৌহকে ছাঁকিয়া লও, এবং পরিস্রুত কার্বন ডাই-সালফাইড দ্রবণকে বাতাসে রাখিয়া দাও। তরল পদার্থটি শীঘ্রই বাষ্পাকারে মিলাইয়া যাইবে এবং গন্ধক পড়িয়া থাকিবে।

(৪) একটি পরীক্ষ-নলে বা টেস্ট-টিউবে সেই মিশ্রিত পদার্থটি লইয়া উহাতে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দাও, দেখিবে লোহার সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে গন্ধহীন হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইবে ; গন্ধকের কিছু হইবে না।

চুম্বক লৌহকে আকর্ষণ করে, কিন্তু গন্ধক আকৃষ্ট হয় না। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে লৌহ দিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়, কিন্তু গন্ধকের কিছু হয় না। কার্বন ডাই-সালফাইডে গন্ধক দ্রব হয়, লৌহের কিছু হয় না। লৌহ ও গন্ধকের এইগুলি সাধারণ ধর্ম। উপরোক্ত মিশ্রিত পদার্থটিতেও লৌহ ও গন্ধকের এই ধর্মগুলিই অব্যাহত রহিয়াছে, দেখা গিয়াছে। অতএব, উহা একটি সাধারণ মিশ্রণ।

এখন এই মিশ্রিত পদার্থটির খানিকটা একটি পরীক্ষ-নলে লইয়া আস্তে আস্তে উত্তপ্ত কর, দেখিবে উহা ক্রমশঃ লাল হইয়া জ্বলিতে থাকিবে এবং গলিয়া যাইবে। উহাকে ঠাণ্ডা করিয়া, পরীক্ষ-নলটি ভাঙ্গিয়া কঠিন বস্তুটি বাহির কর। দেখা যাইবে, উহা খুব কালো একটি শক্ত পদার্থে পরিণত হইয়াছে। উহাকে গুঁড়া করিয়া লেনসদ্বারা পরীক্ষা করিলে দেখিবে হলুদ কোন গন্ধককণা আর নাই। কিছুটা চূর্ণ কার্বন ডাই-সালফাইড দ্বারা নাড়িয়া পরে ছাঁকিয়া লইলে উহা হইতে কোন গন্ধক পাইবে না। একটি চুম্বক সেই গুঁড়া স্পর্শ করিলেও কোন লৌহকণা আকৃষ্ট হইবে না এবং এই চূর্ণ একটি পরীক্ষ-নলে লইয়া কিঞ্চিৎ

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দিলে দুর্গন্ধযুক্ত একটি গ্যাস বাহির হইবে, হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে না। অর্থাৎ লৌহ ও গন্ধকের স্ব স্ব ধর্ম লোপ পাইয়াছে।

অতএব স্পষ্টই বুঝা যায়, এখন আর এই পদার্থটি লৌহ ও গন্ধকের সাধারণ মিশ্রণ নহে। তাপ প্রয়োগের ফলে লৌহ ও গন্ধকের ভিতর একটি রাসায়নিক সংযোগ ঘটিয়াছে এবং একটি নূতন যৌগিক পদার্থ (ফেরাস সালফাইড) উৎপন্ন হইয়াছে। যখন কোন বস্তু একক বা অন্য বস্তুর সংযোগে সম্পূর্ণরূপে বদলাইয়া নূতন একটি পদার্থে পরিণত হয় তখন এই রকম পরিবর্তনকে আমরা **রাসায়নিক বিক্রিয়া (chemical reaction)** বলি।

মিশ্র পদার্থ ও যৌগিক পদার্থের এখন তুলনা করা যাইতে পারে।

মিশ্র পদার্থ	যৌগিক পদার্থ
১। মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি পাশাপাশি বর্তমান থাকে।	১। যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি মিলিত হইয়া অন্য পদার্থে পরিণত হইয়া যায়।
২। মিশ্র পদার্থের ধর্ম উপাদানগুলির ধর্মের সমষ্টি মাত্র। অন্য কোন নূতন ধর্মের বিকাশ হয় না।	২। যৌগিক পদার্থের ধর্ম তাহার উপাদানগুলির ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক। উপাদানগুলির ধর্মের লোপ হয়।
৩। মিশ্র পদার্থ সমসত্ত্বও হইতে পারে, আবার অ-সমসত্ত্বও হইতে পারে। যেমন, জল ও লবণ মিশ্রিত হইলে সমসত্ত্ব হয়। লবণ ও বালু অ-সমসত্ত্ব মিশ্র পদার্থ।	৩। কিন্তু যৌগিক পদার্থ সর্বদাই সমসত্ত্ব হইবে।
৪। মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলিকে সহজে পৃথক করা যায়।	৪। যৌগিক পদার্থের উপাদান পৃথকীকরণ সুকঠিন।
৫। মিশ্র পদার্থের উপাদানসমূহ যে কোন অনুপাতে মিশিতে পারে। যে কোন পরিমাণ লৌহ যে কোন পরিমাণ গন্ধকের সহিত মিশ্রিত হইতে পারে।	৫। যৌগিক পদার্থের উপাদানগুলি সর্বদা নির্দিষ্ট অনুপাতে সংযুক্ত হইবে। যেমন, গন্ধক ও লৌহের সংযোগ সর্বদাই ৪ : ৭ অনুপাতে হইবে।
৬। মিশ্র পদার্থ প্রস্তুতকালে তাপের বিনিময় হইতেও পারে, নাও হইতে পারে।	৬। যৌগিক পদার্থের সংগঠনকালে তাপ-বিনিময় হইবেই। কিছু তাপের উদ্ভব বা শোষণ হইতেই হইবে।
৭। মিশ্র পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক বা গলনাঙ্কের কোন স্থিরতা নাই। উহা উপাদানগুলির অনুপাতের উপর নির্ভর করে।	৭। যৌগিক পদার্থে স্ফুটনাঙ্ক বা গলনাঙ্ক নির্দিষ্ট হইয়া থাকে।

তৃতীয় অধ্যায়

সাধারণ পরীক্ষা-প্রণালী

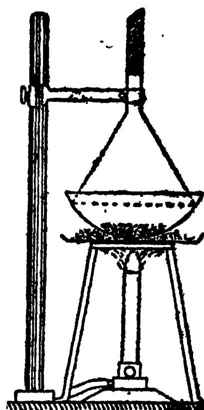
পদার্থের পরীক্ষার জন্য রসায়নাগারে কতকগুলি সাধারণ প্রণালী বা প্রক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়। সব রকম রাসায়নিক পরীক্ষাতেই এই সমস্ত প্রণালীর কোন একটির প্রয়োজন হয়। এখানে প্রধান কয়েকটি প্রণালীর বিষয় আলোচনা করা হইল।

বিশুদ্ধ পদার্থ মাত্রেই নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গলে এবং নির্দিষ্ট উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়। যেমন জলের গলনাঙ্ক ০° সেন্টি. এবং স্ফুটনাঙ্ক ১০০° সেন্টি.। বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিলে ঘনীভূত হইয়া উহা তরলে রূপান্তরিত হয় এবং আরও ঠাণ্ডা করিলে তরল পদার্থ জমিয়া কঠিন হয়। ইহাকে হিমীভবন বলা যায়। পদার্থের গলনাঙ্ক এবং হিমাঙ্ক একই উষ্ণতা। সেইরূপ স্ফুটনাঙ্ক ও ঘনাঙ্ক একই।

৩-১। **ঊর্ধ্বপাতন (Sublimation)**ঃ কঠিন পদার্থে তাপ দিলে উহা গলিয়া তরল পদার্থে পরিণত হয়, এবং আরও উত্তাপে তরল পদার্থ গ্যাস হইয়া যায়। আবার ঠাণ্ডা করিয়া গ্যাসকে প্রথমতঃ তরল এবং পরে উহাকে কঠিন করা সম্ভব। ইহাই স্বাভাবিক রীতি। কিন্তু কখনও কখনও কঠিন বস্তুকে উত্তপ্ত করিলে তরল না হইয়া সোজাসুজি গ্যাস হইয়া যায় এবং এই গ্যাসীয় বস্তুটি ঠাণ্ডা করিলে আবার কঠিন অবস্থায় পরিণত হয়। উত্তাপে পদার্থের কঠিন অবস্থা হইতে একেবারে বাষ্পে পরিণতি এবং শৈত্যে বাষ্প হইতে সরাসরি কঠিন অবস্থায় প্রত্যাবর্তনকে **ঊর্ধ্বপাতন** বলে। এই জাতীয় রূপান্তরে পদার্থটির রাসায়নিক সংযুতি অক্ষুণ্ণ থাকা প্রয়োজন। আয়োডিন, নিশাদল, কর্পূর প্রভৃতি এইরূপ ব্যবহার করে। উহাদের গরম করিলে গলিবে না, কিন্তু বাষ্প হইয়া উড়িয়া যাইবে।

পরীক্ষাঃ একটি খর্পরে (basin) কিছুটা নিশাদল লও আর উহাকে তারজালির উপর বসাইয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর; খর্পরের উপর একটি ফানেল উল্টা করিয়া রাখ, যাহাতে ফানেলের নলটি উপরের দিকে থাকে। একটি পাতলা কাপড় ভিজাইয়া ফানেলের গায় জড়াইয়া দাও।

উত্তাপ দিলে নিশাদল প্রথমে বাষ্পীভূত হইবে এবং পরে উহা ফানেলের ঠাণ্ডা অংশে আসিয়া লাগিলেই আবার জমিয়া কঠিন হইবে।


চিত্র ৩ক—ঊর্ধ্বপাতন

অনেক সময় **ঊর্ধ্বপাতন**-সাহায্যে মিশ্র পদার্থ পৃথক করা সম্ভব হয়। যেমন, যদি আয়োডিন ও বালু একত্র মিশ্রিত থাকে তবে ঊর্ধ্বপাতন দ্বারা আয়োডিন সরাইয়া আনা যাইবে এবং বালু পড়িয়া থাকিবে।

যে সমস্ত তরল বা কঠিন পদার্থ সহজে বাষ্পে পরিণত হয়, যেমন জল, স্পিরিট, কর্পূর ইত্যাদি, তাহাদের **উদ্বায়ী** বস্তু বলা হয়; এবং যে সকল বস্তু সহজে বাষ্পীভূত হয় না, যেমন কাঠ, লবণ, পারদ ইত্যাদি, তাহাদিগকে বলে।

৩-২। দ্রবণ (Solution)ঃ একটু চিনি যদি জলে মিশান হয় তবে উহা অদৃশ্য হইয়া যায়। কিন্তু স্বাদ হইতে উহার অস্তিত্ব জানা যাইবে। চিনি ও জলের উহা একটি মিশ্র পদার্থ। এই মিশ্র পদার্থের যে কোন অংশে দেখা যাইবে চিনি ও জলের অনুপাত এক। চিনির পরিবর্তে যদি একটু তুঁতে জলে দেওয়া হয় তবে একটি স্বচ্ছ কিন্তু নীল রঙের তরল পদার্থ পাওয়া যায়। উহাও মিশ্র পদার্থ এবং উহারও যে কোন অংশে তুঁতের পরিমাণ সমান। অর্থাৎ এই মিশ্রণগুলি সব সমসত্ব।

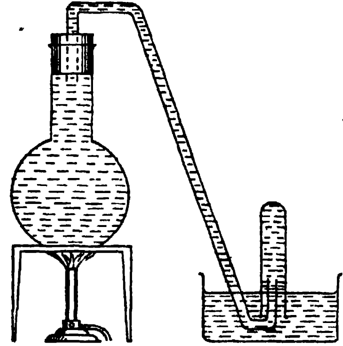
দুই বা ততোধিক বস্তু যখন সমসত্ত্ব মিশ্র পদার্থের সৃষ্টি করে তখন উহাকে **দ্রবণ** বা **দ্রব** বলে। উল্লিখিত দৃষ্টান্তে, চিনি দ্রবীভূত হইয়াছে এবং জল চিনিকে দ্রবীভূত করিয়াছে। যে দ্রবীভূত হয় তাহাকে বলে **দ্রাব (solute)** এবং যে দ্রবীভূত করে তাহার নাম **দ্রাবক (solvent)**। চিনি দ্রাব, জল দ্রাবক।

দ্রাব+দ্রাবক=দ্রবণ

যদি বালু, খড়ি বা গন্ধক ইত্যাদি চূর্ণ করিয়াও জলে দেওয়া যায় তবুও তাহারা দ্রবীভূত হয় না। কিছুক্ষণ ইতস্ততঃ ঘুরিয়া ঐগুলি নিজেদের ভার-বশতঃ পাত্রের নীচে আসিয়া সঞ্চিত হয়। উহারা জলে

(insoluble); চিনি, লবণ, শোরা, ফটকিরি ইত্যাদি (soluble)।

প্রায়ই দেখা যায় কঠিন পদার্থগুলি তরল পদার্থ দ্বারা দ্রবীভূত হয়। কিন্তু তরল বা গ্যাসীয় বস্তুও দ্রাব হইতে পারে। যেমন, স্পিরিট বা কোহল, অ্যাসিটোন, নাইট্রিক অ্যাসিড, গ্লিসারিন প্রভৃতি যে কোন পরিমাণে জলের সহিত মিশ্রিত হইয়া সমসত্ত্ব মিশ্রণ সৃষ্টি করে। অর্থাৎ উহারা জলে দ্রবণীয়। অবশ্য যে কোন তরল পদার্থই যে জলে দ্রব হইবে তাহা নহে। তেল ও জল, পারদ ও জল ইত্যাদি একত্রিত করিলে তাহারা দ্রবণ সৃষ্টি করে না, উহারা দুইটি স্তরে পৃথক হইয়া থাকে। তেল জলের সহিত মিশে না বটে, কিন্তু তেল আবার বেনজিনে দ্রব হইয়া যায়।



চিত্র—৩খ

অক্সিজেন, কার্বন-ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, প্রভৃতি গ্যাসও জলে দ্রবণীয়। অক্সিজেন ব্যতিরেকে জীবের শ্বাসকার্য চলিতে পারে না। জলে কিছু বায়ু দ্রবীভূত থাকে বলিয়াই, সেই বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা মৎস্য ও অন্যান্য জলচর প্রাণীর শ্বাসকার্য সম্ভব হয়। জলে যে বাতাস দ্রবীভূত থাকে তাহা একটি সহজ পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করা সম্ভব।

পরীক্ষা ঃ একটি গোল কূপী সম্পূর্ণ জলে ভরিয়া একটি কর্ক দিয়া মুখটি বন্ধ করিয়া দাও। কর্কের ভিতর দিয়া একটি বাঁকান নির্গম-নল জুড়িয়া দাও। নির্গম-নলটিও জলে পূর্ণ থাকিবে ও উহার বাহিরের মুখটি একটি দ্রোণীতে জলে ডুবাইয়া রাখ। এই প্রান্তটির উপরে একটি টেস্ট-টিউব জলে পূর্ণ করিয়া উপুড় করিয়া রাখ। অতঃপর তারজালির উপর রাখিয়া কূপীটিকে বুনসেন দীপ সাহায্যে উত্তপ্ত কর। দেখিবে জল হইতে ছোট ছোট বুদ্‌বুদের আকারে গ্যাস বাহির হইয়া নির্গম-নল দিয়া আসিয়া টেস্ট-টিউবে জমা হইবে। দ্রবীভূত বাতাস উত্তাপে জল হইতে বাহির হইয়া আসিতেছে। (চিত্র—৩খ)

সচরাচর যদিও জল দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়, অন্যান্য তরল পদার্থও দ্রাবক হিসাবে কাজ করিয়া থাকে। গন্ধক জলে দ্রবীভূত হয় না। কিন্তু কার্বন ডাই-সালফাইডে উহা অতি সহজে দ্রবণীয়। কার্বন ডাই-সালফাইড গন্ধকের দ্রাবক। সেই রকম মোম কেরোসিনে দ্রবণীয়, গালা স্পিরিটে দ্রবণীয়,

আয়োডিন ক্লোরোফর্মে দ্রবণীয়, ইত্যাদি। নানারকম রঙীন পদার্থ আবার কোহল প্রভৃতিতে দ্রব হইয়া বার্নিশের রঙ ইত্যাদি প্রস্তুত হয়।

যদি দুই বা ততোধিক কঠিন পদার্থ মিলিয়া সমসত্ত্ব মিশ্রণ করিতে পারে তবে তাহাও দ্রবণ হইবে। যেমন, রৌপ্যমুদ্রাতে রূপা, তামা এবং নিকেল সমসত্ত্বভাবে মিশিয়া আছে। কাজেই উহাকে কঠিন পদার্থের সমসত্ত্ব সংমিশ্রণ বা দ্রবণ বলা যাইতে পারে। এই সব ক্ষেত্রে যে উপাদানটি অধিক পরিমাণে বর্তমান তাহাকে দ্রাবক এবং অন্য উপাদানগুলিকে দ্রাব বলা যায়। রৌপ্য দ্রাবক, তামা ও নিকেল দ্রাব।

দুই বা ততোধিক গ্যাস সর্বদাই সমসত্ত্ব সংমিশ্রণে থাকে এবং উহাদেরও দ্রবণ বলা চলে।

পরীক্ষা ঃ একটি পাত্রে খানিকটা জল লইয়া উহাতে অল্প অল্প পরিমাণে পটাসিয়াম নাইট্রেট চূর্ণ দিতে থাক। প্রথমে উহা দেওয়া মাত্রই দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। পরে আর এত দ্রুত দ্রবীভূত হইবে না। কিছুক্ষণ পরে দেখিবে, উহা আর দ্রবীভূত না হইয়া নীচে জমা হইতেছে। ঐ জলটুকুর পক্ষে যতটা পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত করা সম্ভব তাহা করিয়াছে। এই রকম দ্রবণকে **সম্পৃক্ত দ্রবণ (saturated solution)** বলে। (একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায়, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবক একটি পদার্থের যতটা পরিমাণ দ্রবীভূত করিতে পারে তাহাও নির্দিষ্ট।) (নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাবকে সর্বাধিক পরিমাণ দ্রাব যখন দ্রবীভূত থাকে তখনই দ্রবণটিকে সম্পৃক্ত বলিয়া গণ্য করা হয়।)

এইরূপ সম্পৃক্ত দ্রবণকে যদি আরও উত্তপ্ত করা যায় তবে উহা আরও খানিকটা পটাসিয়াম নাইট্রেটকে দ্রবীভূত করিবে। অর্থাৎ উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে নির্দিষ্ট পরিমাণ জলে যে পরিমাণ দ্রাব দ্রবীভূত হইবে তাহাও বৃদ্ধি পায়। আবার উত্তাপ কমাইলে দ্রবণীয়তা কমিয়া যায়।

কোনও নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সর্বাধিক যে পরিমাণ পদার্থকে ১০০ গ্রাম ওজনের দ্রাবক দ্রবীভূত করিতে পারে, সেই নির্দিষ্ট উষ্ণতায় গ্রাম হিসাবে উক্ত পরিমাণকে ঐ পদার্থের **দ্রাব্যতা (solubility)** বলা হয়। যেমন, ৯০°C উষ্ণতায় জলে লবণের দ্রাব্যতা ৪০ গ্রাম। ইহা হইতে বুঝা যায়, ৯০°C

উষ্ণতায় ১০০ গ্রাম জল ৪০ গ্রাম লবণ দ্রবীভূত করিয়া সম্পৃক্ত দ্রবণ হইতে পারে। বিভিন্ন পদার্থের দ্রাব্যতা অবশ্যই বিভিন্ন। পদার্থের দ্রাব্যতা নির্ণয় করা মোটেই কঠিন নয়।

পরীক্ষা : জলে নাইটারের দ্রাব্যতা নির্ণয় কর।

একটি পরিষ্কার শিশিতে খানিকটা জল লও এবং নাইটার চূর্ণীকৃত করিয়া আস্তে আস্তে দিতে থাক। কিছুক্ষণ পরে নাইটার আর দ্রব হইবে না। শিশিটির মুখ বন্ধ করিয়া উহাকে উত্তমরূপে ঝাঁকাইয়া লইতে হইবে। এইভাবে পরীক্ষাকালীন উষ্ণতায় নাইটারের সম্পৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত হইল। একটি শুষ্ক ফিল্টার কাগজের সাহায্যে এই সম্পৃক্ত দ্রবণ পরিস্রুত করিয়া লও।

এখন একটি খর্পর ওজন করিয়া লও এবং একটি পিপেট দ্বারা ঠিক ২৫ ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণ খর্পরে লও। দ্রবণ-সহ খর্পরটি আবার ওজন কর। একটি জলগাহের উপর রাখিয়া দ্রবণটি উত্তপ্ত করিয়া উহার জল সম্পূর্ণ বাষ্পীভূত করিয়া দাও। বায়ুচুল্লীতে উহাকে শুষ্ক করিয়া শোষকাধারে রাখিয়া শীতল কর। উহা শীতল হইলে আবার উহার ওজন লও। বারে বারে উহাকে উত্তপ্ত করিয়া পরে শীতল অবস্থায় ওজন লইতে হইবে যেন ওজনটি নির্দিষ্ট হয়, অর্থাৎ জল সম্পূর্ণরূপে দূরীভূত হয়। মনে কর,

খর্পরের ওজন $=w_1$ গ্রাম

খর্পর ও দ্রবণের ওজন $=w_2$ গ্রাম

খর্পর ও নাইটারের ওজন $=w_3$ গ্রাম

$\therefore$ (w_2-w_3) গ্রাম জলে (w_3-w_1) গ্রাম নাইটার দ্রবীভূত হইতে পারে ;

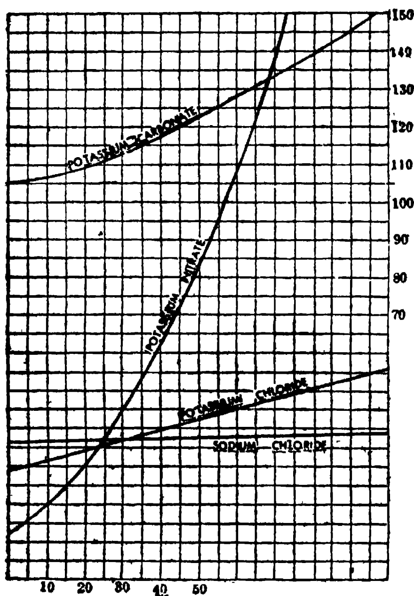
অথবা ১০০ গ্রাম জলে $\frac{w_3-w_1}{w_2-w_3}\times$ ১০০ গ্রাম নাইটার দ্রবীভূত হইতে পারে।

অতএব, সেই উষ্ণতায় নাইটারের দ্রবণীয়তা $=\frac{w_3-w_1}{w_2-w_3}\times$ ১০০।

যে কোন পদার্থের দ্রাব্যতা দ্রাবকের উষ্ণতার সঙ্গে সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। উষ্ণতা ও দ্রাব্যতাকে স্থানাঙ্ক ধরিয়া যদি আমরা একটি চিত্র অঙ্কন করি তাহা হইলে উহাদের এই পরিবর্তন সহজে বুঝা যাইবে। (চিত্র ৩গ)।

সচরাচর, উষ্ণতাবৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে দ্রাব্যতাও বাড়িয়া যায়। পরীক্ষায় জানা গিয়াছে, ১০০ গ্রাম জলকে সম্পৃক্ত করিতে ৫০°C উষ্ণতায় ৮৫ গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট প্রয়োজন, এবং ৪০°C উষ্ণতায় মাত্র ৬৫ গ্রাম প্রয়োজন হয়। এখন যদি ৫০°C উষ্ণতায় ১০০ গ্রাম জলে পটাসিয়াম নাইট্রেটের একটি সম্পৃক্ত

দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং তারপর উহাকে আস্তে আস্তে শীতল করিয়া ৪০°C উষ্ণতায় আনা হয়, তবে সেই দ্রবণ হইতে প্রায় ২০ গ্রাম দ্রাব বাহির হইয়া আসিবে। কারণ, ৪০°C উষ্ণতায়, ১০০ গ্রাম জলে সর্বাধিক যে পরিমাণ পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত হইতে পারে তাহা ৬৫ গ্রামের অধিক নয়।



চিত্র ৩গ—দ্রাব্যতা-লেখ

কোন কোন সময় সম্পৃক্ত দ্রবণকে এক উষ্ণতা হইতে নিম্নতর উষ্ণতায় নিয়া আসিলে যে পরিমাণ দ্রাব বাহির হইয়া আসার কথা তাহা আসে না। অর্থাৎ নিম্নতর উষ্ণতায় যতটা দ্রাব দ্রবণে থাকার কথা, তাহা হইতে অধিকতর পরিমাণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। এই প্রকার দ্রবণকে **অতিপৃক্ত দ্রবণ** **(supersaturated solution)** বলে। অতিপৃক্ত দ্রবণ খুব অস্থায়ী ধরণের হয়। একটু নাড়াচাড়া করিলে বা দ্রাবপদার্থের একটুখানি উহাতে দিলেই পরিমাণের অতিরিক্ত দ্রাবটুকু বাহির হইয়া আসে এবং দ্রবণটি সম্পৃক্ত হইয়া থাকে।

পরীক্ষা ঃ সোডিয়াম-থায়োসালফেটের অতিপৃক্ত দ্রবণ।

একটি পরীক্ষ-নলে কিছু সোডিয়াম-থায়োসালফেটের দানা লইয়া নলের মুখটি তুলা দিয়া আঁটিয়া দাও। অতঃপর উহাকে একটি বীকারের জলে রাখিয়া আস্তে আস্তে গরম কর। দেখিবে সোডিয়াম- থায়োসালফেটের দানাগুলি গলিয়া তরল হইতেছে। বস্তুতঃ সোডিয়াম-থায়োসালফেটের স্ফটিকের ভিতর জল আছে; উত্তাপ-প্রয়োগে, সেই জলে উহা দ্রবীভূত হইয়া যায়। এখন টেস্ট-টিউবটি বাহিরে আনিয়া শীতল করিলেও, উহা সহজে দানা বাঁধিবে না। ইহা সোডিয়াম-থায়োসালফেটের

সোডিয়াম-থায়োসালফেটের অতিপৃক্ত দ্রবণ

অতিপৃক্ত দ্রবণ। এই দ্রবণে সোডিয়াম-থায়োসালফেটের একটি ছোট স্ফটিক ছাড়িয়া দাও, সঙ্গে সঙ্গে সমস্ত দ্রবণ হইতে কেলাস বাহির হইয়া সম্পূর্ণ দ্রবণটি কঠিনাকার ধারণ করিবে। কিছু তাপও নির্গত হইবে। পরিপৃক্ত দ্রবণে দ্রাবের একটু স্ফটিক দিলেই, দ্রাবটি কেলাসিত হইয়া বাহির হইয়া আসে।

আর একটি কথা জানিয়া রাখা দরকার। দ্রাবটি যখন কঠিন পদার্থ না হইয়া গ্যাসীয় পদার্থ হয় তখন উষ্ণতাবৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহার দ্রাব্যতা না বাড়িয়া কমিয়া যায়। যেমন, বাতাস জলে কিয়ৎ পরিমাণে দ্রবীভূত হয় এবং জল গরম করা হইলে সেই বাতাস প্রথমে বাহির হইয়া আসিতে থাকে।

তরল পদার্থে বায়বীয় পদার্থের দ্রাব্যতা চাপের উপরেও নির্ভর করে। চাপ যত বেশী দেওয়া যায়, ততই বেশী পরিমাণে গ্যাসীয় পদার্থ তরল পদার্থে দ্রবীভূত হয়। চাপ কমাইয়া দিলে দ্রবণ হইতে গ্যাস বাহির হইয়া আসে। লেমোনেড ইত্যাদিতে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিরিক্ত চাপে দ্রবীভূত থাকে। ছিপি খুলিয়া দিলেই চাপ কমিয়া যায় এবং সঙ্গে সঙ্গে গ্যাস দ্রবণ হইতে বাহির হইতে থাকে।

বিশুদ্ধ তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক ও হিমাঙ্ক নির্দিষ্ট। জল ১০০° সেন্টিগ্রেডে ফোটে এবং ০° সেন্টিগ্রেডে জমিয়া বরফ হইয়া যায়। কিন্তু কোন দ্রাব যদি তরল পদার্থে দ্রবীভূত থাকে তবে সেই দ্রবণের হিমাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক পরিবর্তিত হইয়া যায়। অর্থাৎ জলে যদি চিনি, লবণ ইত্যাদি দ্রবীভূত থাকে, তবে সেই দ্রবণটি ১০০° ডিগ্রিতে ফুটিবে না, আরও অধিকতর উষ্ণতায় ফুটিবে। আবার এই দ্রবণটি ০° ডিগ্রিতে জমিয়া বরফ হইবে না, উহার হিমাঙ্ক ০° সেন্টিগ্রেড হইতে আরও নীচে নামিয়া যাইবে। দ্রাবের উপস্থিতি হিমাঙ্ক নামাইয়া এবং স্ফুটনাঙ্ক বাড়াইয়া দেয়। অন্যান্য তরল পদার্থের দ্রবণেরও ব্যবহার একই রকমের।

কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ওজনের দ্রাবকে যে পরিমাণ দ্রাব থাকিলে দ্রবণটি সম্পৃক্ত অবস্থায় থাকে তদপেক্ষা কম পরিমাণ দ্রাব যদি দ্রবণে থাকে তবে দ্রবণটিকে **অসম্পৃক্ত দ্রবণ (unsaturated)** বলে। এইরূপ অসম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম থাকিলে উহাকে **লঘু দ্রবণ (dilute)** বলে এবং দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ বেশী থাকিলে উহাকে **গাঢ় দ্রবণ (concentrated)** বলে।

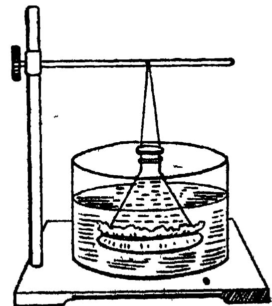
কলয়েড (Colloid)ঃ দ্রবণ বলিতে আমরা দ্রাব এবং দ্রাবকের সমসত্ত্ব মিশ্রণ বুঝি। বাস্তবিক পক্ষে দ্রবণীয় পদার্থের সহিত দ্রাবকের কোন রাসায়নিক সংযোগ ঘটে না। কিন্তু একত্র হইলে দ্রাব পদার্থ ভাঙিয়া ক্ষুদ্রতর হইতে থাকে এবং ওতঃপ্রোতভাবে দ্রাবকের সহিত মিশিয়া যায়। এই মিশ্রণটি এত সুনিবিড় যে বাহ্যতঃ দ্রাব এবং দ্রাবকের প্রভেদ বুঝা যায় না। বস্তুতঃ দ্রাব পদার্থটি ভাঙিয়া উহার অণুতে পরিণত হয় এবং এই অদৃশ্য অণুগুলি সমানভাবে সমস্ত পরিমাণ দ্রাবকের সহিত মিশিয়া যায়। অণুর ব্যাসের পরিমাণ $১০^{-৮}$ সেন্টিমিটার বা অনুরূপ মাত্রার। অতএব কোন পদার্থ যখন দ্রবীভূত হয় তখন উহার কণাগুলির ব্যাস $১০^{-৮}$ সেন্টিমিটার বা তদনুরূপ মাত্রার হইয়া থাকে। অর্থাৎ চিনি, লবণ প্রভৃতি যখন জলে দ্রবীভূত হয়, উহাদের যে সকল কণা জলের সহিত মিশিয়া থাকে তাহাদের ব্যাসের পরিমাণ মোটামুটি ১×১০^{-৮}, ২×১০^{-৮}, ৫×১০^{-৮} ইত্যাদি এইরূপ হইয়া থাকে। অতএব, যদি কোন পদার্থ কোন দ্রাবকের সহিত মিশ্রণের ফলে ভাঙিয়া $১০^{-৮}$ সেন্টিমিটার ব্যাসের কণায় অর্থাৎ অণুতে পরিণত হয় তাহা হইলে উহা দ্রবীভূত হইয়াছে বলিতে হইবে।

পক্ষান্তরে, কোন অদ্রবণীয় পদার্থ কোন দ্রাবকের সহিত মিশ্রিত করিলে সাধারণতঃ উহা থিতাইয়া পাত্রের নীচে সঞ্চিত হয়। কিন্তু অদ্রাব্য পদার্থটি যদি খুব ছোট ছোট কণার আকারে থাকে যাহাদের ব্যাস $১০^{-৪}$ সেন্টিমিটারের চেয়ে কম তবে উহা থিতাইয়া যাইতে পারে না। অদ্রাব্য পদার্থের সূক্ষ্মকণাগুলি দ্রাবকের ভিতরে ইতস্ততঃ ঘুরিয়া বেড়ায় এবং প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। কণাগুলি এত সূক্ষ্ম যে চোখে বা সাধারণ অণুবীক্ষণে উহাদিগকে দেখা যায় না। মনে হয় পদার্থটি দ্রবীভূত হইয়াছে। কিন্তু আলট্রা-মাইক্রোস্কোপ নামক বিশেষ অণুবীক্ষণের সাহায্যে তাহাদের অস্তিত্ব এবং সঞ্চরণ-শীলতা সহজেই ধরা যায়। অথচ এই কণাগুলি অণুও নয় এবং উহাদের আকারও $১০^{-৮}$ সেন্টিমিটার ব্যাসের নয় যে মিশ্রণটিকে দ্রবণ মনে করা যাইতে পারে। কোন দ্রাবকে যখন অপর কোন পদার্থের সূক্ষ্মকণা এইরূপ প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে অথচ দ্রবীভূত হয় না, তখন এইরূপ পদার্থ দুইটির অসমসত্ত্ব মিশ্রণকে কলয়েড বা সল (Sol) বলা হয়। এই কণাগুলির ব্যাসের পরিমাণ মোটামুটি $১০^{-৫}-১০^{-৭}$ সেন্টিমিটার হইয়া থাকে। সুতরাং, প্রত্যেকটি কণাতে ১০ হইতে ১০০০ অণু

থাকিবার সম্ভাবনা। যে কোন পদার্থ এইরূপ আকার প্রাপ্ত হইয়া কোন মাধ্যমে ভাসমান থাকিলেই উহার সল পাওয়া যাইবে। নদীর ঘোলা জলে যে ভাসমান কাদামাটি থাকে বা বাতাসের ভাসমান সূক্ষ্ম ধূলিকণা বস্তুতঃ উহাদের কলয়েড অবস্থা। গোল্ড, সিলভার, সালফার, ফেরিক হাইড্রক্সাইড প্রভৃতি জলে এই অবস্থায় লইয়া উহাদের কলয়েড তৈয়ারী করা যাইতে পারে। অবশ্য এরূপ সূক্ষ্মকণায় আনিতে কোন সময় কৃত্রিম ভৌত উপায়, আবার অনেক সময় রাসায়নিক পদ্ধতি অবলম্বিত হয়। জলের নীচে দুইটি সরু সোনার তারের ভিতর বিদ্যুৎ-স্ফুরণ করিয়া গোল্ড-সল পাওয়া যায়। এখানে শুধু অবস্থাগত পরিবর্তনের সাহায্যে কলয়েড প্রস্তুত হইল। আবার ফুটন্ত জলের উপর ফোঁটা ফোঁটা ফেরিক ক্লোরাইড দিলে উহা হইতে রাসায়নিক পরিবর্তনে যে ফেরিক হাইড্রক্সাইড পাওয়া যায় তাহা কলয়েড অবস্থায় থাকে।

একটি তরল পদার্থ যদি অপর একটি তরল দ্রাবকে অনুরূপ সূক্ষ্মাবস্থায় থাকে অথচ দ্রব হয় না তখন উহাও একটি কলয়েড। ইহার একটি বিশেষ নাম আছে, ইমালসন বা অবদ্রব। দুধের ভিতর স্নেহজাতীয় বস্তু এইরূপ সূক্ষ্মাবস্থায় জলের সহিত মিশিয়া থাকে। সুতরাং দুধ একটি ইমালসন।

কলয়েড বা সলগুলির আর একটি বিশেষত্ব এখানে উল্লেখযোগ্য। সাধারণ দ্রবণ ফিল্টার কাগজ বা অন্যান্য সব রকম ফিল্টার বা ছাঁকনীর ভিতর দিয়া অতিক্রম করিতে পারে। কিন্তু সল সাধারণ ফিল্টার কাগজের ভিতর দিয়া দ্রবণের মত সহজেই অতিক্রম করে বটে, কিন্তু অন্যান্য কতগুলি ফিল্টার যেমন, পার্চমেণ্ট কাগজ ইত্যাদির ভিতর দিয়া যাইতে পারে না। একটি পার্চমেণ্ট কাগজের থলিতে যদি কোন কলয়েড এবং দ্রবণ একত্র মিশ্রিত করিয়া লইয়া জলের ভিতর ঝুলাইয়া রাখা হয় (চিত্র) তাহা হইলে দ্রবীভূত পদার্থটি পার্চমেণ্ট কাগজের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যাইবে, কিন্তু সল বাহির হইবে না। পার্চমেণ্ট কাগজের পরিবর্তে আরও নানারূপ ফিল্টার, যেমন কলডিয়ন, ব্যবহার করা যাইতে পারে।



চিত্র—ঝিল্লী-বিশ্লেষণ

এই ফিল্টারগুলিকে বিশ্লেষক-ঝিল্লী বলা হয়। দ্রবণ্ হইতে এইভাবে সল পৃথক করার নামই ঝিল্লী-বিশ্লেষণ (Dialysis)।

জিলাটিন, আগর-আগর (চায়না ঘাস), সাবুদানা প্রভৃতি জলের সহিত ফুটাইলে উহাদের সল তৈয়ারী হয়। কিন্তু ঠাণ্ডা হইলে এই সকল সল জমাট বাঁধিয়া কঠিনাকার ধারণ করে। কঠিন হইলেও ইহাদের ছুরির সাহায্যে কাটা যায় এবং উহাদের যথেষ্ট নমনীয়তা থাকে। এইরূপ কোন কোন কলয়েডের ভাসমান কণাগুলি জল বা দ্রাবক শোষণ করিয়া লইয়া জেলির মত সান্দ্র পদার্থ বা কঠিন পদার্থ উৎপন্ন করে, এই সকল কলয়েডকে "জেল" (Gel) বলা হয়। পূর্বোক্ত 'সিলিকা জেল' এই শ্রেণীর কলয়েড।

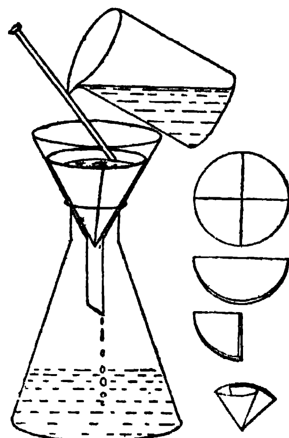
উদাহরণ ঃ সিলিসিক অ্যাসিড সল ও জেল ঃ যদি সাধারণ উষ্ণতায় সোডিয়াম সিলিকেটের একটি লঘু দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণ লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করা হয় তাহা হইলে উৎপন্ন সিলিসিক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত না হইয়া প্রলম্বিত অবস্থায় অ্যাসিড দ্রবণেই থাকে। ঝিল্লীবিশ্লেষণের (dialysis) সাহায্যে উহাকে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে পৃথক করা যায় বটে, কিন্তু তবুও উহা জল হইতে থিতাইয়া যায় না। ইহাকেই সিলিসিক অ্যাসিড সল বলে। আপাতদৃষ্টিতে উহাকে সিলিসিক অ্যাসিডের দ্রবণ বলিয়াই মনে হয়।

যদি সোডিয়াম সিলিকেট ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রায় ১০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় মিশ্রিত করা হয় তাহা হইলে উহাকে ঠাণ্ডা করিলে একটি জেলির মত প্রায় কঠিনাকার সিলিসিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহাতে ওজনের শতকরা প্রায় ১৪ ভাগ সিলিকা থাকে। ইহাকে সিলিসিক অ্যাসিড জেল বা সিলিকা জেল বলা হয়। অত্যন্ত জলাকর্ষী বলিয়া ইহা বিভিন্ন গ্যাসের নিরুদনে প্রায়ই ব্যবহৃত হয়।

৩-৩। আস্রাবণ (Decantation) ঃ একটি গ্লাসে যদি কিছু নদীর জল লইয়া পরীক্ষা কর তবে দেখিবে উহাতে মাটি ও বালুর অনেক ছোট ছোট কণা ভাসিয়া বেড়াইতেছে। নাড়াচাড়া না করিয়া উহাকে রাখিয়া দিলে কতক্ষণ পরে কঠিন কণাগুলির অধিকাংশ নীচে আসিয়া জমা হইবে। কোনও তরল পদার্থে ভাসমান অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ যখন তলদেশে সঞ্চিত হয়, তখন উহাকে **গাদ** বা **কল্ক (sediment)** বলে। এই ভাবে গাদ থিতাইয়া গেলে সাবধানে পাত্রটি কাত করিয়া উপর হইতে অপেক্ষাকৃত পরিষ্কৃত জল সরাইয়া লওয়া যায়। গাদ হইতে তরল পদার্থকে এইভাবে পৃথকীকরণকে **আস্রাবণ (decantation)** বলা যাইতে পারে। বলা বাহুল্য, আস্রাবণ-প্রণালীতে সমস্ত কঠিন পদার্থটুকু পৃথক করা সম্ভব নয়। যে কণাগুলি খুব সূক্ষ্ম সেগুলি ভাসিয়াই থাকিবে।

সমস্ত অদ্রবণীয় পদার্থ হইতে তরল পদার্থ পৃথক করিতে হইলে যে পন্থা অনুসরণ করা দরকার তাহা **পরিস্রাবণ**।

৩-৪। পরিস্রুতি বা পরিস্রাবণ (Filtration): সচ্ছিদ্র পর্দার সাহায্যে তরল পদার্থ হইতে ভাসমান অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ পৃথক করার প্রণালীকে **পরিস্রুতি** বা **পরিস্রাবণ** বলে। নদীর জল যদি একটি ব্লটিং কাগজ বা ফিল্টার কাগজের ভিতর দিয়া ছাঁকিয়া লওয়া হয় তবে নীচে স্বচ্ছ জল পাওয়া যাইবে এবং কঠিন পদার্থগুলি কাগজের উপর থাকিয়া যাইবে। বিভিন্ন পদার্থের জন্য অবশ্য বিভিন্ন প্রকারের সচ্ছিদ্র দ্রব্য ব্যবহৃত হয়। যেমন অনেক সময় কাপড় বা ছাঁকনী এই কাজে ব্যবহার করা হয়। কাঠকয়লা বা বালির স্তরের ভিতর যে ছিদ্রপথ আছে তাহাও বেশ ছোট; সুতরাং উহারাও পরিস্রাবণের জন্য ব্যবহৃত হয়। পরিস্রুতি প্রণালীতে তরল বস্তু সচ্ছিদ্র পদার্থের মধ্য দিয়া অনায়াসে চলিয়া যায়, কিন্তু অদ্রবণীয় পদার্থগুলি যায় না। অতএব এই প্রণালীতে মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি অনেক সময় পৃথক করা সম্ভব।



চিত্র ৩য়—পরিস্রাবণ

পরীক্ষা: খানিকটা বালু ও লবণ একত্র করিয়া মিশাইয়া লও। এখন উহাদিগকে পৃথক করিতে হইবে। একটি বীকারে মিশ্র পদার্থটি লইয়া উপযুক্ত পরিমাণ জল দাও। তারপর উহাকে বুনসেন দীপের সাহায্যে তারজালির উপর বেশ উত্তপ্ত কর। লবণ জলে দ্রব হইবে, কিন্তু বালু এমনিই থাকিবে। এখন এক টুকরা ফিল্টার কাগজ ঠোঙার মত জড়াইয়া একটি কাচের ফানেলের উপর বসাও এবং নীচে একটি পাত্র রাখ। গরম দ্রবণটি এখন ফিল্টার কাগজে ঢালিয়া দাও। দেখ, নীচের পাত্রে আস্তে আস্তে স্বচ্ছ লবণের দ্রবণ সঞ্চিত হইতেছে এবং বালুকণা ফিল্টার কাগজের উপর রহিয়া গিয়াছে। এইভাবে বালু হইতে লবণ পৃথক করা হইল।

কিন্তু মিশ্র পদার্থের উপাদানগুলি সবই যদি দ্রবণীয় হয় তবে তাহাদের

এই ভাবে পৃথক করা সম্ভব নয়। যেমন, চিনি ও লবণ একত্র থাকিলে এই প্রণালীতে আলাদা করা যাইবে না।

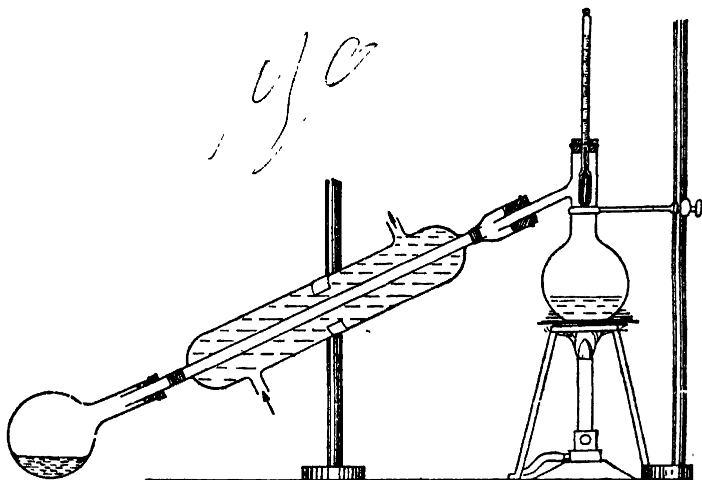
পরিস্রুতির ফলে যে স্বচ্ছ তরল পদার্থ পাওয়া যায় তাহাকে **পরিস্রুৎ (filtrate)** এবং যে কঠিন পদার্থ ফিল্টারের উপর থাকিয়া যায় তাহাকে **অবশেষ (residue)** বলে।

৩-৫। পাতন (Distillation)ঃ তরল পদার্থকে উত্তাপের সাহায্যে বাষ্পীভূত করা এবং সেই বাষ্পকে শীতল করিয়া আবার তরল অবস্থায় ফিরাইয়া আনাকে **পাতন প্রণালী** বলে। সুতরাং পাতন প্রণালী বাষ্পীকরণ এবং ঘনীকরণ এই দুই প্রক্রিয়ার সমন্বয়। ল্যাবরেটরীতে পাতন প্রণালীর প্রয়োগ খুবই সাধারণ এবং তরল পদার্থকে বিশুদ্ধ করিতে পাতনের সাহায্য অপরিহার্য। তরল পদার্থের সঙ্গে যখন অদ্রবণীয় পদার্থ মিশ্রিত থাকে, তখন পরিস্রুতির দ্বারা উহাদের পৃথক করা যায়। কিন্তু কোন পদার্থ যদি তরল পদার্থে দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে পরিস্রাবিত করিয়া উহাদের পৃথক করা সম্ভব নয়। তখন পাতনের সাহায্য লইতে হয়। নিম্নলিখিত পরীক্ষা দ্বারা পাতনের উপযোগিতা সম্যক্ উপলব্ধি হইবে।

পরীক্ষাঃ নদীর অবিশুদ্ধ জল হইতে বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত কর।

একটি পাতন-কূপীতে নদীর জল নাও এবং উহাতে একটুখানি পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট মিশাইয়া দাও, জলের রঙ গাঢ় লাল হইবে। পাতন-কূপীর নলটির সহিত একটি লিবিগ-শীতক বা কন্‌ডেন্‌সার জুড়িয়া দাও (চিত্র ৩৬)। এই শীতকের ভিতর একটি সরু নল আছে যাহার সঙ্গে পাতন-কূপীর অভ্যন্তর সংযুক্ত হইবে এবং উহার ভিতর দিয়া বাষ্প চালিত হইবে। এই সরু নলটির চারিদিকে শীতল জল পরিচালনের জন্য একটি অপেক্ষাকৃত মোটা কাচের নল আছে। রবার টিউবের দ্বারা জলের কলের সঙ্গে এই বাহিরের নলটি যুক্ত করিয়া শীতল জলপ্রবাহের ধারা দেওয়া হয়। শীতকটি একটু কাত করিয়া লাগান হয় যাহাতে পাতন-কূপীর বিপরীত দিকটি নীচু থাকে। এই দিকে একটি পরিষ্কার কাচের কূপী জুড়িয়া দেওয়া হয়। এই কাচের কূপীতে বিশুদ্ধ তরল পদার্থটি সঞ্চিত হইবে। ইহাকে **গ্রাহক (receiver)** বলা যাইতে পারে।

পাতন-কূপীর মুখটি একটি কর্ক দিয়া বন্ধ করিয়া দাও এবং এই কর্কের ভিতর দিয়া একটি থার্মোমিটার বসাইয়া দাও। এখন তারজালির উপর রাখিয়া বুনসেন দীপ সাহায্যে পাতন-কূপীটিকে উত্তপ্ত কর। কিছুক্ষণ পরে জল ফুটিতে থাকিবে এবং বাষ্প পার্শ্ববর্তী নলের ভিতর দিয়া শীতকের মধ্যে প্রবেশ করিবে।



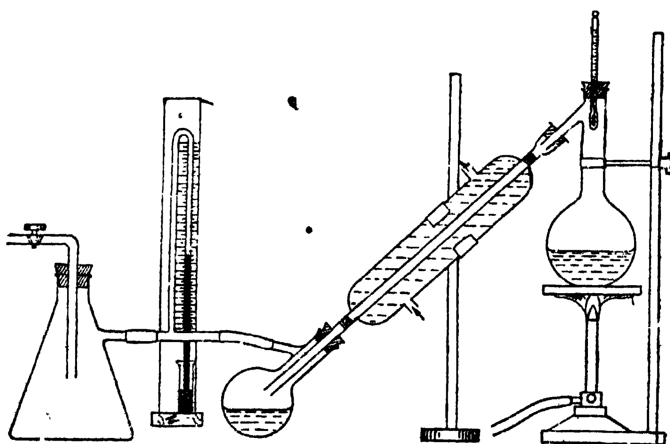
চিত্র ৩৬—পাতন

থার্মোমিটারটি লক্ষ্য করিলে দেখিবে যে এই স্ফুটনের সময় পাতন-কূপীর ভিতরের উষ্ণতা একেবারে অপরিবর্তিত থাকে। স্ফুটনের সময় জল বাষ্পীভূত হয়, কিন্তু নদীর জলের অন্যান্য দ্রবণীয় এবং অদ্রবণীয় ময়লা অথবা পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট অনুদ্বায়ী বলিয়া বাষ্পে রূপান্তরিত হয় না। কতকগুলি ময়লা সহজে দূরীভূত করার জন্য পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট ব্যবহৃত হয়। জলীয় বাষ্প শীতকের মধ্যে প্রবেশ করিলে উহার উষ্ণতা কমিয়া যায়; কারণ, শীতকের ভিতরের নলটির চারিদিকে শীতল জল প্রবাহিত থাকে। যতই উষ্ণতা কমিতে থাকে, বাষ্প স্বচ্ছ, তরল অবস্থায় ফিরিয়া নিম্নগামী হয় এবং নীচের কাচ-কূপীতে সঞ্চিত হয়। এই সঞ্চিত জলকে পাতিত জল বলা যায় এবং ইহা অন্যান্য ময়লা হইতে পরিশুদ্ধ হইয়া আসে।

৩-৬। আংশিক পাতন (Fractional distillation): যদি দুই বা ততোধিক তরল পদার্থ একত্র মিশিয়া থাকে তবে তাহাদেরও পাতন-সাহায্যে

পৃথক করা যাইতে পারে। একটি দৃষ্টান্ত লওয়া যাউক। একটি তরল মিশ্রণে ঈথার (ether) এবং বেন্‌জিন (benzene) আছে। ঈথারের স্ফুটনাঙ্ক ৩৫°C এবং বেন্‌জিনের ৮০°C। এই মিশ্রণটিকে একটি পাতন-কূপীতে লইয়া উত্তপ্ত করিলে উহা যখন ৩৫°C উষ্ণতায় পৌছাইবে, তখন শুধু ঈথার বাষ্পীভূত হইবে এবং শীতক বাহিয়া নীচের কাচ-কূপীতে কেবল ঈথার আসিয়া সঞ্চিত হইবে। যতক্ষণ এই ঈথার বাষ্পীভূত হইতে থাকিবে ততক্ষণ পাতন-কূপীর আভ্যন্তরিক উষ্ণতা ৩৫° ডিগ্রীই থাকিবে। যখন সমস্ত ঈথার পৃথক করা হইয়া যাইবে, তখন আবার উষ্ণতা বাড়িতে থাকিবে এবং ৮০°C উষ্ণতা হইলে, বেন্‌জিন ফুটিতে থাকিবে এবং তাহার বাষ্প শীতকে আসিয়া তরল হইবে। উহাকে আর একটি ভিন্ন গ্রাহকে সংগ্রহ করা যাইতে পারে। এইভাবে বেন্‌জিন ও ঈথার পৃথক করা সম্ভব হইবে। দুই বা ততোধিক তরল পদার্থের মিশ্রণকে বিভিন্ন উষ্ণতায় পাতন-ক্রিয়া দ্বারা পৃথক করার নাম **আংশিক পাতন**।

৩-৭। অনুপ্রেষ পাতন (Vacuum distillation): তরল পদার্থ যখন বাষ্পে পরিণত হয়, তখন সেই বাষ্পের একটা চাপ বা প্রেষ দেখা যায়। উষ্ণতা যতই বৃদ্ধি পায় বাষ্পের এই চাপও ততই বৃদ্ধি পায়। উষ্ণতার



চিত্র ৩চ—অনুপ্রেষ পাতন

সঙ্গে সঙ্গে এই চাপ বৃদ্ধি পাইয়া যখন বাহিরের বায়ুর চাপের সঙ্গে সমান হইয়া যায়, তখনই স্ফুটন আরম্ভ হয়। অতএব বাহিরের চাপ যদি কম হয়, স্ফুটনও

কম উষ্ণতায় সম্ভব হইবে। অর্থাৎ বাহিরের চাপের উপর স্ফুটনাঙ্ক নির্ভর করিবে।

অনেকগুলি তরল পদার্থে দেখা যায় সাধারণ বায়ুর চাপে স্ফুটনের সময় উহারা **বিযোজিত (decomposed)** হইয়া যায় এবং পাতন দ্বারা আসল তরল পদার্থটি আর পাওয়া যায় না। যেমন তরল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড লইয়া যদি পাতন করার চেষ্টা করা যায়, তবে উত্তাপের জন্য উহা ভাঙিয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। এই রকম ক্ষেত্রে যদি কম উষ্ণতায় উহাদের ফুটান যায় তবে তরল পদার্থটি রক্ষা করা সম্ভব হইবে। কম উষ্ণতায় ফুটাইতে হইলে উহার উপরকার চাপ কমাইতে হইবে। সেইজন্য পাম্পের সাহায্যে পাতন-যন্ত্রের ভিতরের বায়ু বাহির করিয়া চাপ কমাইয়া দেওয়া হয় এবং পরে গরম করিয়া পদার্থটি পাতন করা হয়। এই রকম কম চাপে পাতন করাকে **অনুপ্রেষ পাতন** বলে (চিত্র ৩চ)।

অন্তর্ধুম পাতন: কোন কোন কঠিন মিশ্র পদার্থ বাতাসের অবর্তমানে উত্তপ্ত করিলে উহা হইতে কতকগুলি উদ্বায়ী বস্তু মারুতাকারে বহির্গত হয় এবং ঠাণ্ডা করিলে এই সব উদ্বায়ী বস্তুর ঘনীকরণ সম্ভব। মিশ্র পদার্থ হইতে বাতাসের অবর্তমানে উদ্বায়ী বস্তুকে পাতিত করিয়া আনার নাম **অন্তর্ধুম পাতন (destructive distillation)**। এই রকম পাতনে বাতাস থাকিতে দেওয়া হয় না, কারণ বাতাসের সাহায্যে পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। কয়লাকে এইরূপে বাতাসের অবর্তমানে খুব উত্তপ্ত করিয়া নানা রকম পাতিত বস্তু সংগ্রহ করা হয়। যথা—কোল গ্যাস, আলকাতরা, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি। এই সব উদ্বায়ী বস্তু চলিয়া যাওয়ার পর যে কঠিন পদার্থ থাকিয়া যায় তাহাই **কোক-কয়লা**।

৩-৮। কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ (Crystallisation): আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি, কোন দ্রবণকে অধিকতর উষ্ণতায় সম্পৃক্ত করিয়া তারপর আস্তে আস্তে শীতল করিলে উহা হইতে দ্রাবটি বাহির হইয়া আসে। যখন এই দ্রাব পদার্থটি দ্রবণের বাহিরে আসে তখন প্রায়ই তাহা নির্দিষ্ট আকারের দানা বাঁধিয়া থাকে। এই দানাগুলির একটা জ্যামিতিক রূপ আছে। ভাল করিয়া দেখিলে বা অণুবীক্ষণের সাহায্যে পরীক্ষা করিলে দেখা যাইবে, উহাদের পৃষ্ঠদেশগুলি সব সমতল। সমতল পৃষ্ঠগুলি আবার সরল

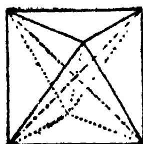
ঋজুরেখায় আসিয়া মিলিয়াছে। এই রকম দানাগুলিকে **স্ফটিক** বলা হয়। সম্পৃক্ত দ্রবণ ঠাণ্ডা করিয়া নির্দিষ্ট জ্যামিতিক আকারের কঠিন পদার্থ পৃথক করার নাম **কেলাসন** বা **স্ফটিকীকরণ**।

কোন একটি পদার্থের স্ফটিকগুলি বিভিন্ন আয়তনের হইতে পারে। কিন্তু তাহাদের আকার সব সময় এক হইবে। বিভিন্ন পদার্থের স্ফটিকের আকার বিভিন্ন হইতে পারে। যেমন—লবণের স্ফটিকের ছয়টি সমতল পৃষ্ঠ আছে, কিন্তু ফট্‌কিরি অষ্টতল স্ফটিক। স্ফটিক আবার রঙীনও হইতে পারে ; যেমন—তুঁতের স্ফটিক নীল। ঊর্ধ্বপাতনের ফলে যে কঠিন পদার্থ পাওয়া যায় তাহাও স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। অবশ্য সমস্ত কঠিন পদার্থই যে স্ফটিকাকারে থাকিবে, এমন কোন কথা নাই। চুন, ময়দা ইত্যাদির কোন নির্দিষ্ট আকার নাই, তাহাদের স্ফটিক হয় না। এই সকল পদার্থকে **অনিয়তাকার পদার্থ (amorphous substance)** বলা হয়।

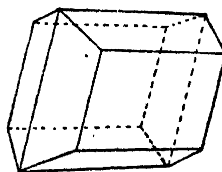
পরীক্ষা ঃ ফট্‌কিরির স্ফটিক প্রস্তুত কর।

একটি বীকারে খানিকটা জল লও। উহাকে তারজালির উপর রাখিয়া দীপের সাহায্যে আস্তে আস্তে গরম কর। সঙ্গে সঙ্গে চূর্ণ ফট্‌কিরি উহাতে দাও এবং নাড়িতে থাক। এইভাবে যতক্ষণ না কিছু ফট্‌কিরি তলায় পড়িয়া থাকে, ততক্ষণ দিতে হইবে। এইরূপে দ্রবণটি সম্পৃক্ত হইল। উপর হইতে পরিষ্কার ও স্বচ্ছ দ্রবণটি অন্য একটি বীকারে আস্রাবণ করিয়া লও। যখন এই দ্রবণটি শীতল হইয়া আসিবে, দেখিবে সুন্দর অষ্টতল স্ফটিক দ্রবণ হইতে উৎপন্ন হইয়া আসিতেছে। যত ধীরে ধীরে উহাকে শীতল করিবে ততই বড় বড় স্ফটিক পাওয়া যাইবে। স্ফটিক বাহির হইলে পরে যে সম্পৃক্ত দ্রবণ পড়িয়া থাকে তাহাকে **শেষদ্রব (mother liquor)** বলা হয়। এইভাবে স্ফটিক প্রস্তুত করা হয়।

সম্পৃক্ত দ্রবণে যদি দ্রাবের একটি ক্ষুদ্র স্ফটিক সুতায় বাঁধিয়া ঝুলাইয়া রাখা হয় তবে উহা ক্রমশঃ বড় হইয়া একটি বৃহদাকার স্ফটিকে পরিণত হইবে।



গন্ধকের স্ফটিক



চিনির স্ফটিক

সম্পৃক্ত দ্রবণে যদি দুইটি দ্রাব বর্তমান থাকে তবে ঠাণ্ডা করিলে যে দ্রাবটির দ্রাব্যতা কম, উহাই প্রথমে দানা বাঁধিবে। তখন উহাকে পরিস্রুতির দ্বারা

পৃথক করিয়া লওয়া হয়। পরে পরিস্রুত দ্রবণকে আরও ঠাণ্ডা করিলে দ্বিতীয় দ্রাবটির স্ফটিক বাহির হইয়া আসিবে। এই ভাবে দুইটি উপাদানকে মিশ্র পদার্থ হইতে পৃথক্ করা সম্ভব। ইহাকে **আংশিক কেলাসন (fractional crystallisation)** বলা যায়। যদি লবণের সঙ্গে সোরা মিশ্রিত থাকে তবে প্রথমে উহাদের জলে দ্রবীভূত করিয়া সম্পৃক্ত দ্রবণ করা হয়। পরে এই দ্রবণকে ঠাণ্ডা করিলে কেবল লবণের স্ফটিক বাহির হইবে। উহাকে ফিল্টারের সাহায্যে ছাঁকিয়া লইলেই বিশুদ্ধ এবং সোরামুক্ত লবণ পাওয়া যাইবে। পরে শেষদ্রবকে আরও ঘন করিলে বা ঠাণ্ডা করিলে সোরার স্ফটিক পাওয়া যাইবে। অনেক সময় কেলাসন দ্বারা এইরূপে মিশ্র পদার্থের উপাদান পৃথক করা সম্ভব।

কোন কোন পদার্থ স্ফটিক আকার ধারণ করার সময় দ্রবণ হইতে প্রত্যেক অণুর সঙ্গে এক বা একাধিক জলের অণু বহন করিয়া আনে। যথা—তুঁতে যখন নীল স্ফটিক হয় তখন তুঁতের প্রতি অণুর সঙ্গে পাঁচটি জলের অণু সহযাত্রী হয়। এই সমস্ত স্ফটিককে **সোদক স্ফটিক (hydrated crystals)** বলা হয়। যে সমস্ত স্ফটিকে কোন জলের অণু থাকে না, যেমন লবণের স্ফটিক, তাহাদিগকে **অনার্দ্র স্ফটিক (anhydrous crystals)** বলে। সোদক স্ফটিকের জল অনেক সময় সেই স্ফটিকের জ্যামিতিক আকারের জন্য দায়ী এবং কোন কোন সময় স্ফটিকের রঙের জন্যও দায়ী। যেমন, তুঁতের নীল স্ফটিক উত্তপ্ত করিলে উহার অন্তঃস্থিত জল উড়িয়া যায় এবং একটি সাদা অনিয়তাকার গুঁড়া পড়িয়া থাকে। ইহা অনার্দ্র তুঁতে। কোন কোন সোদক স্ফটিক বাতাসে উন্মুক্ত করিয়া রাখিলে উহাদের জল ক্রমশঃ বাষ্পাকারে উড়িয়া যায় এবং স্ফটিকগুলি অবশেষে অনিয়তাকার হইয়া পড়ে। সোদক স্ফটিকে জল থাকে, সুতরাং উহার একটি নির্দিষ্ট বাষ্পচাপ থাকে। কিন্তু বাতাসে যে জলীয় বাষ্প থাকে তাহার চাপ যদি এই বাষ্পচাপ হইতে কম হয় তবে স্ফটিক হইতে জল বাষ্প হইয়া বায়ুতে আসিতে থাকে। এই রকম পরিবর্তনকে **উদত্যাগ (efflorescence)** বলে এবং স্ফটিকগুলিকে **উদত্যাগী স্ফটিক** বলা হয়। সোডিয়াম কার্বনেটের স্ফটিক ($Na_2CO_3, 10H_2O$) বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার দশটি জলের অণুর নয়টি বাষ্পীভূত হইয়া যায়। অতএব সোডিয়াম কার্বনেট উদত্যাগী। কোন কোন স্ফটিক বাতাসে রাখিয়া দিলে তাহা জলীয় বাষ্প আকর্ষণ করিয়া দ্রবীভূত হইয়া পড়ে এবং পদার্থটি একটি তরল দ্রবণে

পরিণত হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড প্রভৃতির স্ফটিক এইরূপ ব্যবহার করে। এই সকল পদার্থের সম্পৃক্ত দ্রবণের বাষ্পচাপ অতিশয় কম এবং সাধারণ উষ্ণতায় এই চাপ বাতাসের জলীয় বাষ্পের চাপ হইতেও কম থাকে। অতএব বাতাস হইতে জলীয় বাষ্প উহারা আকর্ষণ করে এবং ক্রমশঃই দ্রবীভূত হইতে থাকে। এই রকম জলীয় বাষ্প আকর্ষণ করিয়া তরল দ্রবণ হওয়ার নাম **উদগ্রহণ (deliquescence)** এবং এইসকল স্ফটিককে **উদগ্রাহী স্ফটিক** বলা হয়।

আরও অনেক বস্তু জল আকর্ষণ করিয়া লইতে পারে, কিন্তু তাহারা দ্রবীভূত হইয়া পড়ে না, যেমন চুন। ইহাদিগকে **জলাকর্ষী (hygroscopic)** বস্তু বলা হয়।

সোদক স্ফটিকের জলের অনুপাত সহজেই নির্ণয় করা সম্ভব।

পরীক্ষা: বেরিয়াম ক্লোরাইড স্ফটিকের জলের অনুপাত নিরূপণ কর।

একটি পর্সেলীনের ঢাকনীসহ মুচি লও। উহাকে পরিষ্কৃত করিয়া শুষ্ক অবস্থায় উহার ওজন লও। এখন এই মুচির ভিতরে এক গ্রাম পরিমাণ বিশুদ্ধ বেরিয়াম ক্লোরাইডের স্ফটিক লইয়া তৌলদণ্ডের সাহায্যে আবার উহার ওজন লও। এই দুইটি ওজন হইতে বেরিয়াম ক্লোরাইড স্ফটিকের ওজন জানা হইবে। মুচিটি তৎপরে একটি ত্রিকোণ মূষাধারের উপর অর্ধোন্মুক্ত অবস্থায় রাখিয়া দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত কর। উত্তাপে স্ফটিকের জল বাষ্পীভূত হইয়া চলিয়া যাইবে। অনেকক্ষণ এই প্রক্রিয়া করিলে সমস্ত জল পদার্থটি হইতে দূরীভূত হইবে। তৎপর মুচিটিকে একটি শোষকাধারে (desiccator) রাখিয়া শীতল কর এবং পুনরায় উহার ওজন বাহির কর। পুনঃ পুনঃ উত্তপ্ত করিয়া এবং পরে শীতল করিয়া এই ওজনটি লইতে হইবে, যাহাতে ওজনটি নির্দিষ্ট হয় অর্থাৎ সমস্ত জল দূরীভূত হইয়াছে জানা যায়। মনে কর—

ঢাকনীসহ মুচিটির ওজন $= w_1$ গ্রাম

স্ফটিক এবং ঢাকনীসহ মুচিটির ওজন $= w_2$ গ্রাম

অনার্দ্র পদার্থ এবং ঢাকনীসহ মুচিটির ওজন $= w_3$ গ্রাম

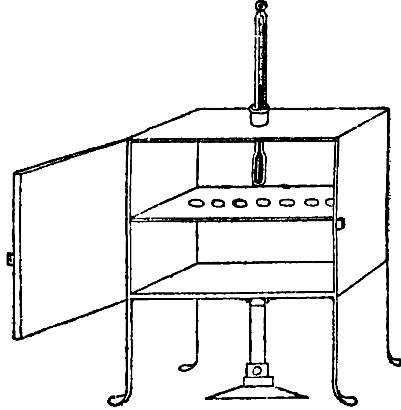
$\therefore$ $(w_2 - w_1)$ গ্রাম স্ফটিকে $(w_2 - w_3)$ গ্রাম জল ছিল।

অতএব, ১০০ গ্রাম স্ফটিকে $\dfrac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times$ ১০০ গ্রাম জল ছিল।

অর্থাৎ, স্ফটিকের জলের অনুপাত, $\dfrac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times$ ১০০ %।

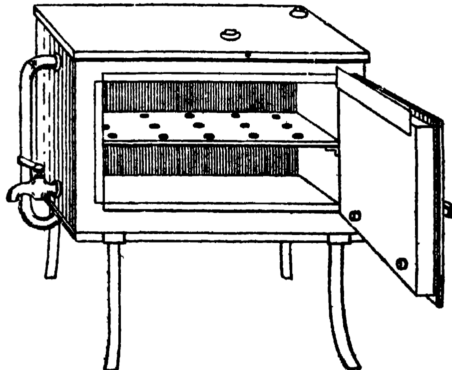
৩-৯। শুষ্কীকরণ (Drying or Desiccation): পদার্থের ভিতর প্রায়ই কিঞ্চিৎপরিমাণ জল থাকে। এই জল সাধারণতঃ বায়ুমণ্ডলী হইতে পদার্থে সঞ্চিত হয়। অনেক সময় রাসায়নিক বিক্রিয়াতে জলের উপস্থিতি বাঞ্ছনীয় নয়। সেইজন্য পদার্থ হইতে জল সরাইয়া লওয়া হয়। জল দূর করার প্রণালীকে **শুষ্কীকরণ** বলে। শুষ্কীকরণ দুই প্রকারে সম্ভব।

ক। উত্তাপের সাহায্যে: যদি পদার্থটি নিজে উদ্বায়ী না হয় এবং উত্তাপে বিযোজিত না হয় তবে উহাকে উত্তপ্ত করিলেই জল বাষ্পাকারে দূরীভূত হইয়া যাইবে। উত্তাপ প্রয়োগ করার জন্য দুই প্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়া থাকে—**বায়ু-চুল্লী ও স্টীম প্রকোষ্ঠ (air oven and steam oven)।** এইগুলি তাম্রনির্মিত প্রকোষ্ঠ। উত্তপ্ত বায়ু অথবা স্টীমের সাহায্যে এইগুলি তাপিত রাখা হয়। (চিত্র ৩ছ ও ৩জ)



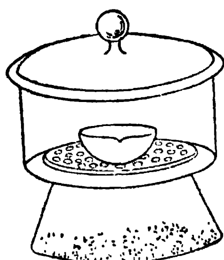
চিত্র ৩ছ—বায়ু চুল্লী

খ। নিরুদনকারী সাহায্যে (By dehydrating agents): কতকগুলি বস্তু আছে যাহারা অতি সহজে জল আকর্ষণ করিতে পারে। ইহাদের

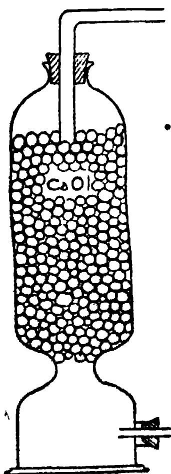


চিত্র ৩জ—স্টীম প্রকোষ্ঠ

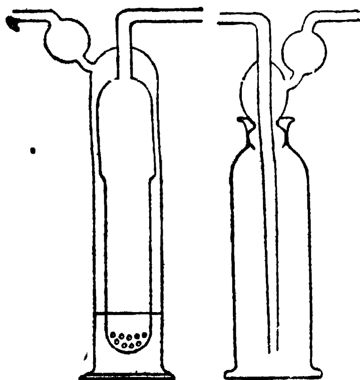
নিরুদনকারী বলা যায়। ফসফরাস পেন্টোক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ইত্যাদি উত্তম নিরুদনকারী পদার্থ। যদি একটি বদ্ধ প্রকোষ্ঠের ভিতর একটি নিরুদনকারী এবং যে পদার্থ শুষ্ক করিতে হইবে তাহা রাখিয়া দেওয়া যায় তবে প্রথমে বায়ু হইতে সমস্ত জলীয় বাষ্প নিরুদনকারী বস্তু শোষণ করিয়া লইবে ; বায়ুতে জলীয় বাষ্পের অভাব হইলেই পদার্থটি হইতে জল বাষ্পাকারে বায়ুতে সঞ্চালিত হইবে। ইহাও আবার নিরুদনকারী শোষণ করিয়া লইবে। এইভাবে সিক্ত পদার্থ টি হইতে সমস্ত জল নিরুদনকারীর ভিতর চলিয়া যাইবে। পদার্থটি জলমুক্ত হইয়া যাইবে। যে যন্ত্রে এই কার্য সম্পাদিত হয় তাহাকে **শোষকাধার** **(desiccator)** বলা হয় (চিত্র ৩ঝ)। গ্যাসীয় পদার্থের সহিত জল মিশ্রিত থাকিলে উহাকে প্রায়ই নিরুদনকারী কোন পদার্থের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া উহার জল বিতাড়িত করা হয়। বিভিন্ন রকমের "গ্যাস টাওয়ার" বা "ওয়াসার" (washer) এই জন্য ব্যবহৃত হইয়া থাকে।



চিত্র ৩ঝ—শোষকাধার



গ্যাস টাওয়ার



গ্যাস ওয়াসার

মিশ্রিত পদার্থের উপাদানগুলিকে পৃথক করার প্রণালী : পাতন, দ্রাবণ, পরিস্রুতি ইত্যাদি যে সমস্ত প্রণালীর আলোচনা করা হইয়াছে,

এই সমস্তই মিশ্রিত পদার্থের উপাদানগুলিকে পৃথক করার জন্য ব্যবহৃত হয়। কিন্তু কোন্ ক্ষেত্রে কি উপায় অবলম্বন করিতে হইবে তাহা উপাদানের উপর নির্ভর করে। দুই-একটি উদাহরণ দেওয়া যাইতে পারে।

১। **বারুদের উপাদান পৃথকীকরণ**ঃ বারুদের তিনটি উপাদান—গন্ধক, সোরা এবং কাঠকয়লা চূর্ণ। খানিকটা বারুদ একটি বীকারে নিয়া কার্বন ডাই-সালফাইড দিয়া ভাল করিয়া নাড়িলে, উহাতে গন্ধক দ্রবীভূত হইবে, কিন্তু অপর দুইটি উপাদান দ্রবীভূত হইবে না। একটি ফিল্টার কাগজের সাহায্যে এখন এই সংমিশ্রণটিকে পরিস্রাবণ করিলে সোরা ও কয়লার গুঁড়া অবশেষ পাওয়া যাইবে এবং গন্ধক-দ্রবণের পরিস্রুৎ পৃথক হইয়া আসিবে। এই দ্রবণটিকে বাতাসে রাখিয়া দিলে কার্বন ডাই-সালফাইড বাষ্পাকারে উড়িয়া যাইবে এবং পাত্রটিতে গন্ধক পড়িয়া থাকিবে। সোরা ও কয়লার মিশ্রণটিকে জল দিয়া উত্তপ্ত করিলে সোরা দ্রবীভূত হইবে এবং ইহাকে পরিস্রাবণ করিয়া কয়লা পৃথক করিয়া লইতে পারা যাইবে। সোরা জলে দ্রবীভূত হওয়ায় যে পরিস্রুৎ পাওয়া যাইবে তাহাকে গরম করিয়া জল বাষ্পীভূত করিলেই সোরা পাওয়া যাইবে। এইভাবে উপাদান তিনটি পৃথক করা হয়।

২। **লবণ, নিশাদল, বালু ও লোহাচূরের** মিশ্রণ হইতে উপাদান চারিটি পৃথক করিতে হইবে।

মিশ্রণটি প্রথমে একটি কাগজের উপরে বিস্তৃত করিয়া একটি ভাল চুম্বকের সাহায্যে লোহাচূরগুলি আকর্ষণ করিয়া টানিয়া আনিতে হইবে। পুনঃ পুনঃ চুম্বক সঞ্চালন করিয়া সমস্ত লোহাচূর আকৃষ্ট করিয়া লইতে হইবে। এইরূপে একটি উপাদান পৃথক হইল। লোহাচূর সরাইবার পর, মিশ্রণটি একটি খর্পরে রাখিয়া একটি ফানেল উল্টা করিয়া ঢাকিয়া দিতে হইবে। এখন খর্পরটিকে তারজালির উপর রাখিয়া দীপের সাহায্যে আস্তে আস্তে গরম করিলে নিশাদল ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া ফানেলের গায়ে জমাট বাঁধিবে। যথেষ্ট সময় দিলে সম্পূর্ণ নিশাদল এই রকমে আলাদা করা যাইতে পারে। এখন বাকী থাকিবে লবণ ও বালু। এই দুইটিকে জলের সহিত গরম করিলে লবণ দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। পরিস্রুত করিলেই বালু পৃথক হইয়া যাইবে এবং দ্রবণটিকে উত্তাপের সাহায্যে শুষ্ক করিলে লবণ পাওয়া যাইবে। এইভাবে চারিটি উপাদান পৃথক করা সম্ভব।

———

চতুর্থ অধ্যায়

জড় পদার্থের নিত্যতাবাদ ঃ বস্তুর অবিনাশিতা

ম্যাগনেসিয়াম যখন আগুনে পোড়ান হয় তখন উহা অতি উজ্জ্বল আলো বিকিরণ করে এবং ভস্মে পরিণত হইয়া যায়। ম্যাগনেসিয়াম খণ্ডটি যদি পুড়িবার পূর্বে একটি খর্পরে ওজন করিয়া লওয়া হয় এবং পরে উহাকে সেই খর্পরেই ভস্মীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিয়া আবার ভস্মটি ওজন করা হয়, তবে দেখা যায় যে ভস্মের ওজন ম্যাগনেসিয়ামের চেয়ে অনেক বেশী। একটি রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে ওজনের বৃদ্ধি হইয়াছে। সেই রকম খানিকটা লৌহ যদি ওজন করিয়া কয়েক দিন বাতাসে ফেলিয়া রাখা হয় তবে উহাতে মরিচা পড়ে। পরে যদি উহাকে আবার ওজন করা হয়, তাহা হইলে দেখা যাইবে যে ওজন বাড়িয়া গিয়াছে। এই সমস্ত পরীক্ষা হইতে প্রতীয়মান হয় যে রাসায়নিক পরিবর্তনের সময় বস্তুর ভর বৃদ্ধি পায় বা নূতন বস্তুর সৃষ্টি হয়।

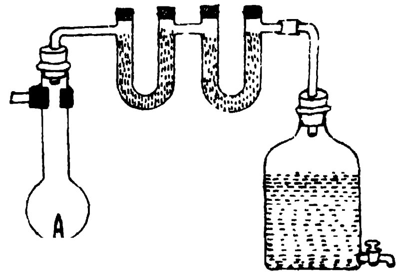
আবার মোমবাতিটি যখন পুড়িতে থাকে, স্পষ্টই দেখা যায় উহার ক্ষয় হইতেছে। সুতরাং উহার ওজন তো কমিবেই। কয়লা বা কাঠ যখন পোড়ে, তখন যেটুকু ভস্ম থাকিয়া যায় তাহার ওজন উহাদের নিজেদের ওজনের চেয়ে অনেক কম। কেরোসিন বা স্পিরিট পোড়াইলে কিছুই অবশিষ্ট থাকে না। অতএব এই সমস্ত পদার্থের পরিবর্তনে বস্তুর ভরের বিনাশ হয়। ইহাতে আপাততঃ মনে হয় এই সব জড় পদার্থ লয় পাইতেছে বা ধ্বংস হইয়া যাইতেছে।

কিন্তু বাস্তবিক পক্ষে আমাদের এই সকল ধারণা ঠিক নহে। জড় পদার্থের সৃষ্টি হইতে পারে না, তাহাদের ধ্বংসও নাই। স্থূলজ্ঞানে যাহাকে আমরা বস্তুর সৃষ্টি বা ধ্বংস বলিয়া মনে করিতেছি, বস্তুতঃ উহা পদার্থের রূপান্তর মাত্র।

ম্যাগনেসিয়াম যখন ভস্মে পরিণত হয় তখন বায়ু হইতে অক্সিজেন উহার সহিত সংযোজিত হয়। যদি এই ম্যাগনেসিয়াম এবং যে অক্সিজেন উহার সহিত যুক্ত হয়, উভয়ের ওজন আমরা লই, তবে দেখিব ভস্মের ওজন উহাদের দুইটির ওজনের সমান। অতিরিক্ত কোন বস্তুর উৎপত্তি হয় নাই। লোহার মরিচার ওজন-বৃদ্ধির হেতুও একই। কোন ক্ষেত্রেই বাস্তবিক পক্ষে পদার্থের ওজন-বৃদ্ধি ঘটে নাই। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যে সমস্ত পদার্থ অংশ গ্রহণ করে তাহাদের সকলের ওজন লইলে দেখা যাইবে যে ওজন মোটেই বৃদ্ধি পায় নাই।

আবার মোমবাতিটি যখন পোড়ে তখন মনে হয় বস্তুর বিনাশ সাধিত হইল। কিন্তু ইহা সত্য নহে। মোম যখন পোড়ে তখন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া উহা দুইটি অদৃশ্য গ্যাসীয় পদার্থে রূপান্তরিত হয়; একটি জলীয় বাষ্প, অপরটি অঙ্গারাম্ল বা কার্বন-ডাই-অক্সাইড। উহারা গ্যাসীয় এবং অদৃশ্য বলিয়া আমরা সচরাচর উহাদের লক্ষ্য করি না এবং মোমবাতির ক্ষয় বা বিনাশ হইল মনে করি। মোমবাতির একটি পরীক্ষা দ্বারা ইহা প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা: একটি কাচের চিমনীর নীচের মুখটি ছিদ্র-যুক্ত ছিপি আঁটিয়া বন্ধ কর। ছিপির উপর একটি ছোট মোমবাতি বসাইয়া দাও (চিত্র ৪ক)। চিমনীর উপরের মুখটিও একটি কর্ক দ্বারা বন্ধ কর এবং এই কর্কের ভিতর দিয়া একটি বাঁকান কাচনল প্রবেশ করাইয়া দাও। কাচনলের বাহিরের দিকটি পর পর দুইটি U-নলের সঙ্গে যুক্ত করিয়া দাও। একটি U-নল কস্টিক পটাস এবং অপরটি বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দ্বারা ভর্তি কর।



চিত্র ৪ক—মোমবাতির দহন

U-নল দুইটি সহ চিমনীটিকে প্রথমেই একটি নিক্তিতে বাঁধিয়া ওজন করিয়া লও। অতঃপর শেষের U-নলটির সহিত জলপূর্ণ একটি বাতচোষক (aspirator) জুড়িয়া দাও। এখন মোমবাতিটি জ্বালাইয়া দাও এবং বাতচোষকের স্টপককটি খুলিয়া দাও। উহা হইতে জল বাহির হইতে থাকিবে এবং সঙ্গে সঙ্গে চিমনীর নীচের কর্কের ভিতরের ছিদ্র দিয়া বাতাস প্রবেশ করিতে থাকিবে। এই বাতাসে মোমের দহন-কার্য চলিতে থাকিবে। মোমবাতিটি অনেকক্ষণ যাবৎ পোড়ান হইলে স্টপককটি বন্ধ করিয়া দাও। আর বাতাস চিমনীতে ঢুকিবে না এবং মোমবাতিটিও নিবিয়া যাইবে। যন্ত্রটি ঠাণ্ডা হইলে পর, আবার চিমনীটিকে U-নল দুইটি সহ ওজন কর; দেখিবে এখন ওজন অনেক বেশী হইয়াছে। সাধারণভাবে মনে হয় মোম পুড়িয়া ধ্বংস হইল, কিন্তু ওজনে দেখা গেল যে ওজন বৃদ্ধি পাইল। প্রকৃতপক্ষে ইহার একটিও ঠিক নয়। মোম যখন পুড়িল, তখন যে অঙ্গারাম্ল হইল তাহা বায়ুস্রোতে গিয়া

কস্টিক পটাসের U-নলে শোষিত হইয়া রহিল ; কারণ, কস্টিক পটাস উহাকে দ্রুত শোষণ করিয়া লইতে পারে। সেই রূপে অপর পদার্থ অর্থাৎ জলীয় বাষ্পটিও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড পূর্ণ নলে শোষিত হইয়া রহিল। মোম পোড়ানর রাসায়নিক পরিবর্তনে মোম এবং বায়ু (অথবা উহার অক্সিজেন) অংশ গ্রহণ করিয়াছে। কিন্তু প্রথমে ওজন করার সময় আমরা মোমের ওজন করিয়াছি, বাহির হইতে যে বায়ু প্রবেশ করিয়া রাসায়নিক সংযোগ সাধন করিল তাহার ওজন লই নাই। পরীক্ষার পরে যে ওজন লওয়া হইল, তাহা ঐ বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত উভয় পদার্থের ওজন। সুতরাং ওজন বাড়িয়াছে। যদি পূর্বে কোন উপায়ে মোম এবং অক্সিজেন দুইয়েরই ওজন লইতে পারা যাইত তবে সেই ওজন ও পরবর্তী ওজন একই হইত। মোম অঙ্গার ও হাইড্রোজেন এই দুইটির যৌগিক পদার্থ। পুড়িবার সময় ইহারা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া অঙ্গারাম্ল ও জলীয় বাষ্প হইয়াছে। এই পরিবর্তনে বস্তুর ভর কমে নাই বা ধ্বংস হয় নাই, শুধু রূপান্তর হইয়াছে মাত্র।

মোমের মতই স্পিরিট, কাঠ, কেরোসিন পুড়িলে আমরা আপাতদৃষ্টিতে উহারা ধ্বংস হইল মনে করি, কিন্তু সেই সব দহনের সময় যদি পূর্বাপর সমস্ত জিনিসের ওজন লইতে পারি, তবে দেখা যাইবে বিক্রিয়ার ফলে ওজনের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় নাই।

এই সমস্ত পরীক্ষা হইতে বোঝা যায়, বস্তুর ধ্বংস নাই এবং কোন প্রকার বিক্রিয়ার ফলেই বস্তুর সৃষ্টি সম্ভব নয়, যদিও বস্তুর রূপান্তর বা পরিবর্তন সর্বদাই সম্ভব। বস্তুর এই অবিনাশিতা বৈজ্ঞানিক ল্যাভয়সিয়র প্রথমে যুক্তি ও পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করেন।

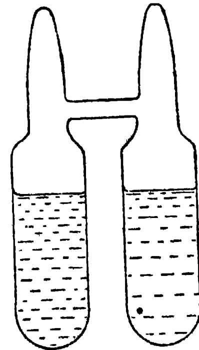
ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা : একটি কাচের বকযন্ত্রের ভিতর কতটুকু টিন ভরিয়া তিনি বকযন্ত্রের মুখটি গালাইয়া একেবারে বন্ধ করিয়া দিলেন। তারপর তিনি উহা ওজন করিলেন। পরে বকযন্ত্রটি তিনি কয়েকদিন ধরিয়া ক্রমাগত উত্তপ্ত করিলেন। উত্তাপের ফলে টিন অভ্যন্তরস্থ বায়ুর সঙ্গে সংহত হইয়া খানিকটা পরিবর্তিত হইয়া গেল (টিন অক্সাইড হইল)। বকযন্ত্রটি ঠাণ্ডা করিয়া আবার তিনি উহা ওজন করিলেন ; দেখা গেল ওজনের কোন প্রকার তারতম্য হয় নাই। সুতরাং তিনি সিদ্ধান্ত করিলেন, রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে বস্তুর রূপান্তর ঘটিয়াছে সত্য, কিন্তু বস্তুর বিলোপ বা বৃদ্ধি হয় নাই।

সুতরাং ল্যাভয়সিয়র বলিলেন, "যে কোন রাসায়নিক বা অবস্থাগত পরিবর্তনে বস্তুর রূপান্তর ঘটে মাত্র, কিন্তু পূর্বে বা পরে ওজনের বিন্দুমাত্র ব্যতিক্রম হয় না। বস্তুর বিনাশ নাই, বস্তু অবিনশ্বর। শূন্য ভর হইতে পদার্থের সৃষ্টি সম্ভব নয়, আবার জড়বস্তুকে ধ্বংস করিয়া কেবল মাত্র শূন্যে মিলাইয়া দেওয়াও সম্ভব নয়।" শূন্য হইতে জড়ের উৎপত্তি এবং জড়ের শূন্যে পরিণতি সম্ভব নয়। উনবিংশ শতাব্দীতে বহুক্ষেত্রে বিভিন্ন পরীক্ষার সাহায্যে এই নিয়মের সত্যতা প্রমাণিত হইয়াছে। এই নিয়মকেই **জড়পদার্থের নিত্যতাবাদ (Law of Conservation of Matter)** বলা হয়।

ডালটনের পরমাণুবাদের দিক হইতে বিচার করিলেও আমরা এই নিয়মের সত্যতা উপলব্ধি করিতে পারি। রাসায়নিক পরিবর্তনের সময় পদার্থের অণুগুলি বদলাইয়া অন্যরকম অণুর সৃষ্টি হয়। কিন্তু যে সমস্ত পরমাণুর দ্বারা পদার্থটি গঠিত তাহাদের বিনাশ বা বিলোপ হয় না। কেবল নূতন রকমে ঐ পরমাণুগুলি সজ্জিত হইয়া নূতন অণুর সৃষ্টি করে। ইহাই **ডালটনের পরমাণুবাদ**। ডালটনের মতে পরমাণুগুলির ওজন নির্দিষ্ট এবং রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে তাহাদের সংখ্যারও কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না; অতএব, পদার্থের বিকার বা রূপান্তর হইলেও তাহাদের ওজন বদলাইতে পারে না। ইহাই জড়পদার্থের নিত্যতাবাদের কারণ।

জড়পদার্থের অবিনাশিতা সহজে প্রমাণ করার জন্য কয়েকটি পরীক্ষা অনায়াসে করা যাইতে পারে।

(১) ল্যানডোলটের পরীক্ষা ঃ ল্যানডোলট একটি সুন্দর উপায়ে বস্তুর অবিনাশিতা প্রমাণ করেন। তিনি H-আকারের একটি নল লইতেন। উহার নীচের দিক বন্ধ থাকিত (চিত্র ৪খ)। এই নলটির দুই বাহুতে তিনি দুইটি দ্রবণ লইতেন, যাহারা পরস্পরের সহিত একত্র হইয়া রাসায়নিক ক্রিয়া করিতে পারে। তারপর নলটিকে সোজা রাখিয়া তিনি সন্তর্পণে উহার উপরের মুখ দুইটি গালাইয়া বন্ধ করিয়া দিতেন। অতঃপর একটি উত্তম সুবেদী নিক্তিতে উহা ওজন করিতেন। তৎপর নলটি ভাল করিয়া ঝাঁকাইলে দ্রবণ দুইটি একত্র হইয়া রাসায়নিক পরিবর্তন হইত। উহাকে আবার ওজন করিয়া তিনি দেখাইয়াছেন যে, কোন ক্ষেত্রেই এই রকম রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে কোন ওজন কমে নাই বা বাড়ে নাই।

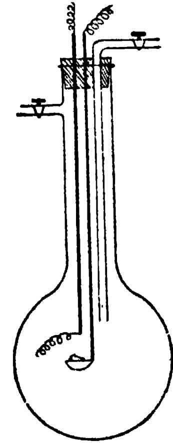


চিত্র ৪খ—ল্যানডোলট-এর পরীক্ষা

এই পরীক্ষাটি আরও সহজে করা যায়। একটি শঙ্কুকূপীতে অল্প পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণ এবং একটি টেস্ট-টিউবে মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লও। টেস্ট-টিউবটি এমনভাবে সন্তর্পণে কূপীর ভিতরে রাখ (চিত্র ৪গ), যাহাতে দুইটি দ্রবণ মিশিয়া না যায়। কূপীটির মুখ কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া ওজন কর এবং তারপর জোরে কূপীটি নাড়িয়া দাও। দুইটি দ্রবণ একত্র হইলেই উহা হইতে লাল অধঃক্ষেপ (precipitate) বাহির হইয়া আসিবে। ইহা একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া। পরে আবার কূপীটির ওজন লও, দেখিবে ওজন একই আছে। বস্তুর নিত্যতাবাদ প্রমাণিত হইল। পটাস আয়োডাইড-এর পরিবর্তে অন্যান্য উপযুক্ত দ্রবণ লইয়াও পরীক্ষা করা যাইতে পারে ; যেমন, সিলভার নাইট্রেট এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

চিত্র ৪গ—
বস্তুর নিত্যতাবাদ পরীক্ষা

(২) **পরীক্ষা** ঃ একটি শক্ত ও পুরু কাচের কূপী লও। উহার মুখটি যেন একটি রবারের ছিপিদ্বারা বন্ধ করা যায়। রবারের ছিপিটিতে ছিদ্র করিয়া দুইটি তামার তার, **'ক'** ও **'খ'**, প্রবেশ করাইয়া দাও (চিত্র ৪ঘ)। **'ক'** তারটির শেষপ্রান্তে একটি ছোট তামার বাটি আছে। **'খ'** তারটি প্রায় সেই বাটিটি পর্যন্ত প্রবেশ করিবে, কিন্তু বাটিটি স্পর্শ করিবে না। ছোট একটু গন্ধকের টুকরা একটি সরু প্লাটিনামের তারে জড়াইয়া ঐ বাটিতে রাখ এবং প্লাটিনামের এক প্রান্ত **'খ'** তারের শেষ প্রান্তে জুড়িয়া দাও। রবারের ছিপিটি এখন কূপীর মুখে আঁটিয়া দাও এবং সবসুদ্ধ উহা ওজন কর। **'ক'** এবং **'খ'** তারের বহির্ভাগ দুইটি একটি ব্যাটারির দুই প্রান্তে সংযুক্ত কর। তৎক্ষণাৎ তারের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইবে এবং প্লাটিনামের তারটি উত্তপ্ত ও উজ্জ্বল হইয়া উঠিবে। উত্তাপের সংস্পর্শে গন্ধকখণ্ড মধ্যস্থ বায়ুর সাহায্যে জ্বলিয়া উঠিবে এবং সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হইবে। বিদ্যুৎ-প্রবাহ বন্ধ করিয়া কূপীটিকে ঠাণ্ডা কর এবং কূপীটির আবার ওজন লও। দেখিবে ওজনের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় নাই। গন্ধকের রাসায়নিক পরিবর্তনে কোন বস্তুর সৃষ্টি বা লয় হয় নাই।



চিত্র ৪ঘ—
বস্তুর অবিনাশিতা
পরীক্ষা

পঞ্চম অধ্যায়

রাসায়নিক সংজ্ঞা ঃ চিহ্ন, সঙ্কেত ও সমীকরণ

সহজ প্রকাশভঙ্গী বিজ্ঞানের একটি প্রধান বিশেষত্ব। রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়া সহজে বোধগম্য করার জন্য কতকগুলি সাঙ্কেতিক নিয়ম প্রচলিত আছে। এই সকল সঙ্কেত বা চিহ্নের সাহায্যে খুব সংক্ষেপে সমস্ত রকম রাসায়নিক রূপান্তর বা ক্রিয়া প্রকাশ করা সম্ভব। ইহাতে সময়ের অপচয়ও অনেক কম হয়।

৫.১। চিহ্ন (Symbol) ঃ মৌলিক পদার্থের নামের সংক্ষেপকে চিহ্ন বলে। সাধারণতঃ নামের আদ্যক্ষরের দ্বারা মৌল চিহ্নিত হয়; যেমন হাইড্রোজেন H, অক্সিজেন O, কার্বন C, ইত্যাদি। একই আদ্যক্ষরবিশিষ্ট বিভিন্ন মৌল থাকিলে উহাদের চিহ্ন নির্ধারণ করিতে প্রথম অক্ষরটির সহিত নামের আর একটি অক্ষর যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। বলা বাহুল্য, ঐ জাতীয় মৌলগুলির মধ্যে একটিকে শুধু প্রথম অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা যায়। যেমন—

বোরন—Boron—B
ব্রোমিন—Bromine—Br
বেরিলিয়াম—Beryllium—Be
বেরিয়াম—Barium—Ba
বিসমাথ—Bismuth—Bi

অনেক ক্ষেত্রেই মৌলিক পদার্থের চিহ্ন তাহাদের ল্যাটিন নাম হইতে গ্রহণ করা হইয়াছে; যেমন ঃ—

বাংলা নাম	ইংরেজী নাম	ল্যাটিন নাম	চিহ্ন
তাম্র	Copper	Cuprum	Cu
স্বর্ণ	Gold	Aurum	Au
রৌপ্য	Silver	Argentum	Ag
পারদ	Mercury	Hydrargyrum	Hg

চিহ্ন মাত্রেরই **আঙ্কিক (qualitative)** ও **মাত্রিক (quantitative)** দুইটি দিক আছে। উহা প্রথমতঃ মৌলটিকে বুঝায়; দ্বিতীয়তঃ শুধু যদি চিহ্নটি লেখা যায় তবে একটি মাত্র পরমাণু বুঝা যাইবে। কিন্তু একাধিক পরমাণু বুঝাইতে হইলে চিহ্নটির ডান দিকে সেই রাশিটি লিখিতে হয়। P_4 ফসফরাসের চারিটি পরমাণু, Cl_2 ক্লোরিনের দুইটি পরমাণু ইত্যাদি।

মৌলিক পদার্থের অণুগুলি এক বা একাধিক পরমাণু-সমবায়ে গঠিত। যথা, হাইড্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক; সুতরাং H_2 লিখিলে উহা হাইড্রোজেনের একটি অণু বুঝাইবে। অতএব H_2 হাইড্রোজেন-অণুর সঙ্কেত রূপে ব্যবহার করা যাইতে পারে। সেই রকম, ফসফরাস অণুর প্রকাশে P_4 লিখিতে হইবে; কেন না, উহার অণুতে চারিটি পরমাণু থাকে।

৫-২। সঙ্কেত (Formula): যৌগিক পদার্থগুলিকে তাহাদের নামের পরিবর্তে কতকগুলি চিহ্নের সমন্বয়ে প্রকাশ করা যায়, ইহাকে **'সঙ্কেত'** বলে। যৌগিক পদার্থগুলি একাধিক মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। এই সব গঠনকারী মৌলিক পদার্থের চিহ্নের সাহায্যে যৌগিক পদার্থটির সঙ্কেত স্থির করা যাইতে পারে। যেমন লবণ, সোডিয়াম (Na) এবং ক্লোরিন (Cl) এই দুই মৌলিক পদার্থের সংযোগে তৈয়ারী। অতএব লবণের সঙ্কেত NaCl। যে সমস্ত পরমাণু দ্বারা যৌগিক পদার্থটির অণু গঠিত তাহারও নির্দিষ্ট পরিমাণ আছে। লবণ অণুতে একটি সোডিয়াম পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু একত্র যুক্ত থাকে। আবার সোডাতে প্রতিটি অণু দুইটি সোডিয়াম, একটি কার্বন ও তিনটি অক্সিজেন এই ছয়টি পরমাণুর সম্মিলনে গঠিত। অতএব সোডার সঙ্কেত হইবে Na_2CO_3। প্রতিটি চিহ্নের নীচে ডানদিকের রাশি দ্বারা সঙ্কেতের মধ্যে সেই সেই পরমাণুর সংখ্যা নির্দেশ করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্কেত H_2SO_4। অর্থাৎ ইহার প্রতিটি অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন, একটি সালফার ও চারিটি অক্সিজেন পরমাণু আছে।

কেবল সঙ্কেতটি লিখিলে যৌগিক পদার্থের একটি মাত্র অণু বুঝায়। একাধিক অণু বুঝাইতে হইলে সঙ্কেতটির পূর্বে প্রয়োজনীয় সংখ্যাটি লিখিতে হইবে। যেমন, $7H_2SO_4$ = ৭টি সালফিউরিক অ্যাসিডের অণু।

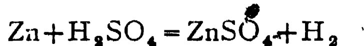
সালফিউরিক অ্যাসিড যদি SH_2O_4 অথবা O_4H_2S লেখা হয় তবে তাহাতে কোন ভুল হয় না। উহাকে H_2SO_4 এই ধরণে লেখার রীতি প্রচলিত হইয়া আসিয়াছে মাত্র। ফেরিক

সালফেটকে সঙ্কেতে লেখা হয় $Fe_2(SO_4)_3$। যদি $Fe_2S_3O_{12}$ লেখা হইত তাহাতে অর্থের কোন ব্যতিক্রম হইত না। কিন্তু ফেরিক সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সম্বন্ধ বুঝাইবার জন্য $Fe_2(SO_4)_3$ এইভাবে উহার সঙ্কেত লেখা হয়। অতএব, মৌলিক এবং যৌগিক পদার্থের অণুর চৈহ্নিক প্রকাশকেই সঙ্কেত বলা হইবে।

৫-৩। **সমীকরণ (Equation)ঃ** পদার্থমাত্রকেই যৌগিক বা মৌলিক হইতে হইবে। সুতরাং চিহ্ন ও সঙ্কেতের সাহায্যে যে কোন পদার্থ প্রকাশ করা সম্ভব। যখনই কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয়, তখনই কোন না কোন পদার্থ অংশ গ্রহণ করিয়া নূতন বস্তুতে পরিণত হয়। অতএব যাহারা রাসায়নিক বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে এবং যে সকল পদার্থ নূতন গঠিত হয়, তাহাদের সকলকেই চিহ্ন ও সঙ্কেতের সাহায্যে বুঝান যাইতে পারে। যাহারা রাসায়নিক পরিবর্তনে অংশ নেয় তাহাদিগকে বামদিকে এবং যে সমস্ত **বস্তু ফলস্বরূপ** পাওয়া যায় (Resultants) তাহাদিগকে ডানদিকে লিখিয়া, মাঝখানে একটি সমীকরণ চিহ্ন দিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করাই রীতি; যেমন, জিঙ্ক (Zinc) সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে জিঙ্ক সালফেট এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটি প্রকাশ করিতে আমরা লিখিতে পারি—

Zinc + Sulphuric Acid = Zinc Sulphate + Hydrogen.

চিহ্ন ও সঙ্কেত দ্বারা ইহার প্রকাশ হইবে—



$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

[পদার্থের মধ্যবর্তী + যোগ চিহ্ন "এবং" বুঝায়; সমীকরণ চিহ্নের অর্থ "রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা"]

অর্থাৎ, জিঙ্ক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড রাসায়নিক বিক্রিয়ার দ্বারা জিঙ্ক সালফেট এবং হাইড্রোজেনে পরিণত হইয়াছে।

চিহ্ন ও সঙ্কেতের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করার পদ্ধতিকে **'সমীকরণ'** বলে। $2HgO = 2Hg + O_2$

উল্লিখিত এই সমীকরণ হইতে বুঝা যায়, মারকিউরিক অক্সাইড রাসায়নিক পরিবর্তনে মারকারি (পারদ) এবং অক্সিজেনে রূপান্তরিত হইয়াছে। ইহা হইতে আরও বুঝা যায় যে দুইটি মারকিউরিক অক্সাইড অণু হইতে দুইটি মারকারি অণু এবং একটি অক্সিজেন অণু পাওয়া যায়। সুতরাং, সমীকরণ

হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় শুধু যে বিভিন্ন জিনিস পাওয়া যায় তাহাই নহে, তাহাদের পরিমাণেরও আভাস পাওয়া যায়। যেমন



$$2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$$

অর্থাৎ, দুইটি লৌহ অণু তিনটি ক্লোরিন অণুর সহিত রাসায়নিক সংযোগে দুইটি ফেরিক ক্লোরাইড অণু গঠন করে।

রাসায়নিক সমীকরণে বীজগণিতের সাধারণ নিয়মগুলিও প্রযোজ্য। সমীকরণচিহ্নের ডানদিকে ও বামদিকে যে কোন প্রকার পরমাণুর মোট সংখ্যা সমান হইতে হইবে। উল্লিখিত সমীকরণে উভয়দিকে ক্লোরিন পরমাণুর মোট সংখ্যা ছয় এবং লৌহ পরমাণুর সংখ্যা দুই। প্রত্যেক সমীকরণেই এই নিয়ম খাটিবে। ডালটনের পরমাণুবাদ এবং জড়ের নিত্যতাবাদ হইতে আমরা জানি, পরমাণুর ধ্বংস নাই। বস্তুর রূপান্তরে কেবলমাত্র তাহাদের অবস্থিতির পরিবর্তন ঘটে। সুতরাং রাসায়নিক বিক্রিয়াতে পরমাণুর সংখ্যা যে একই থাকিবে তাহা সুনিশ্চিত।

রাসায়নিক সমীকরণ গঠনকালে কয়েকটি নিয়ম মানিয়া চলিতে হয়।

(ক) যে সমস্ত পদার্থ বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে এবং যে সকল বস্তু উৎপন্ন হয় তাহাদের সবগুলি জানা প্রয়োজন এবং তাহাদের প্রত্যেকটির চিহ্ন বা সঙ্কেত জানিতে হইবে।

(খ) সমীকরণ প্রকাশ করিতে প্রত্যেকটি বস্তুকে উহার অণুর সঙ্কেত দ্বারা গ্রহণ করিতে হইবে। পরমাণু গ্রহণ করিলে চলিবে না।

(গ) সমীকরণ চিহ্নের উভয় দিকে যে কোন প্রকারের পরমাণুর (অণুর মধ্যস্থিত) সংখ্যা এক হওয়া প্রয়োজন। এই জন্য প্রয়োজনানুসারে বিভিন্ন পদার্থের বিভিন্ন সংখ্যক অণুর সমাবেশ করিতে হইবে।

যেমন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে জলের উৎপত্তি। ইহা প্রকাশ করিতে আমরা লিখিতে পারি—



$$H_2+O=H_2O$$

ইহাতে রাসায়নিক বিক্রিয়াটি বুঝা যায় বটে, কিন্তু ইহা নিয়মানুগত নহে। কারণ, এইখানে অক্সিজেনকে অণুর সঙ্কেত দ্বারা প্রকাশ করা হয় নাই। পরমাণুর সাহায্যে প্রকাশ করা হইয়াছে।

আবার,



$$H_2+O_2=2H_2O$$

এইবারে সবগুলি বস্তুই নিজ নিজ অণুতে লেখা হইয়াছে সত্য, কিন্তু সমীকরণটি নির্ভুল নহে। কেন না, দুইদিকে হাইড্রোজেন পরমাণুর সমষ্টি এক নহে।

এই রাসায়নিক বিক্রিয়াটির সঙ্গত সমীকরণ হইবে—



$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

ইহাতে সমীকরণ-পদ্ধতির সব নিয়মই প্রতিপালিত হইয়াছে।

সমীকরণ হইতে রাসায়নিক পরিবর্তন জানা যায় সত্য, কিন্তু কি অবস্থায় বা কত সময়ে বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন হয়, তাহা নির্ধারণ করা সম্ভব নয়।

ষষ্ঠ অধ্যায়



রাসায়নিক সংযোগ-বিধিসমূহ

রাসায়নিক সংযোগের সময় যে-কোন পরিমাণ একটি মৌলিক পদার্থ যে-কোন পরিমাণ অপর একটি মৌলিক পদার্থের সঙ্গে মিলিত হইতে পারে না। পরিমাণ-বিষয়ে রাসায়নিক সংযোগসমূহ কতকগুলি নিয়ম মানিয়া চলে। বিজ্ঞানীরা পরীক্ষাদ্বারা এই নিয়মসমূহের সত্যতা নির্ণয় করিয়াছেন এবং কখনও ইহাদের কোন ব্যতিক্রম লক্ষ্য করেন নাই। এই নিয়মগুলিকে **রাসায়নিক সংযোগবিধি** বা **সূত্র (Laws of Chemical Combination)** বলা হয়।

জড়ের নিত্যতাবাদে আমরা দেখিয়াছি যে কোন রকম পরিবর্তনে পদার্থগুলির মোট ভরের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হইতে পারে না, বস্তু অবিনশ্বর। এইটিকে আমরা রাসায়নিক সংযোগ-বিধিসমূহের প্রধান সূত্র বলিতে পারি। **'ক'** এবং **'খ'** নামক দুইটি পদার্থ রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে যদি **'গ'** এবং **'ঘ'** নামক পদার্থে পরিণত হয়, অর্থাৎ যদি

ক + খ = গ + ঘ

হয়, তাহা হইলে **ক** এবং **খ**-এর মোট ওজনকে **গ** এবং **ঘ**-এর ওজনের সমান হইতেই হইবে।

আমরা এখানে আরও তিনটি সূত্রের আলোচনা করিব।

*** ৬-১। স্থিরানুপাত সূত্র (Law of Constant Proportions):** যে কোন যৌগিক পদার্থ সর্বদাই নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থসমূহের দ্বারা গঠিত এবং সেই যৌগিক পদার্থে মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত সর্বদা একই হইবে।

একটি যৌগিক পদার্থ যে কোন উপায়েই প্রস্তুত হউক না কেন, উহাতে সর্বদাই একই মৌলিক পদার্থের সমাবেশ দেখা যাইবে। উপরন্তু, এই মৌলিক পদার্থগুলির যে সমস্ত ওজন রাসায়নিক মিলনে অংশ গ্রহণ করিবে, তাহাদের অনুপাতের কখনও পরিবর্তন হইবে না, সর্বদা একই থাকিবে। যেমন, বিভিন্ন উপায়ে জল প্রস্তুত করা সম্ভব। দেশ-কাল-পাত্রভেদে যখনই যে অবস্থাতে জল লওয়া যাউক না কেন, দেখা যাইবে যে উহা দুইটি মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে গঠিত। আবার, যেখানে যে অবস্থাতেই জল বিশ্লেষণ করা হয়, সেখানেই দেখা যায় যে ৮ ভাগ অক্সিজেন (ওজনে) ১ ভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংযোজিত আছে। অর্থাৎ, জলে সব সময়েই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ১ : ৮ এই ওজন-অনুপাতে বর্তমান। অবশ্য ইহা হইতে একথা বুঝায় না যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অন্য কোন ওজনের অনুপাতে মিলিত হইতে পারে না। বস্তুতঃ, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ১ : ১৬ ওজনের এই অনুপাতেও সংযুক্ত হইয়া থাকে। কিন্তু এই প্রকার সংহতিতে জল হয় না। যখন একই মৌলিক পদার্থসমূহ বিভিন্ন ওজনের অনুপাতে সংযুক্ত হয় তখন তাহারা বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে। একই যৌগিক পদার্থে মৌলিক উপাদানগুলির ওজনের অনুপাতের তারতম্য কখনও হইতে পারে না। জলে যেমন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাতটি স্থির বা অপরিবর্তনীয়, তেমনি অন্য যে-কোন যৌগিক পদার্থেও তাহার মৌলিক পদার্থসমূহের ওজনের অনুপাতটি নির্দিষ্ট। যেমন, চিনিতে সর্বদাই কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত যথাক্রমে ৭২ : ১১ : ৮৮।

অতএব আমরা বলিতে পারি, যৌগিক পদার্থমাত্রই নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের অনুপাতে গঠিত। ইহাকেই **স্থিরানুপাত সূত্র** বলে।

এই সূত্রটির সম্বন্ধে বহুরকম পরীক্ষা হইয়াছে। স্টাস্ (Stas) বিভিন্ন উপায়ে সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) তৈয়ারী করিয়া উহাদিগকে বিশ্লেষণ করিয়া দেখাইয়াছেন যে সিলভার ও ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত সর্বদাই এক। এই

রকম আরও শত শত পরীক্ষা দ্বারা স্থিরানুপাত সূত্রের সত্যতা নিঃসন্দেহে প্রমাণ করা হইয়াছে।

ডালটনের পরমাণুবাদ হইতেও আমরা স্থিরানুপাত সূত্রে পৌছাইতে পারি। ধর, **'ক'** এবং **'খ'** দুইটি মৌলিক পদার্থের সংযোগে **'গ'** নামক যৌগিক পদার্থটি গঠিত। পরমাণুবাদ অনুসারে **'গ'** পদার্থের অণুগুলি **'ক'** এবং **'খ'**-এর পরমাণুর সমাবেশে সৃষ্ট। ধর, পাঁচটি **'ক'** পরমাণু ও তিনটি **'খ'** পরমাণু মিলিয়া **'গ'**-এর অণু গঠন করিয়াছে। মনে কর, **'ক'**-এর পরমাণুর ওজন $= x$ gms, **'খ'**-এর পরমাণুর ওজন $= y$ gms; তাহা হইলে **'গ'**-এর প্রতিটি অণুতে $5x$ gms **'ক'** এবং $3y$ gms **'খ'** বর্তমান। অর্থাৎ, তাহাদের ওজনের অনুপাত $5x : 3y$। যে কোন পরিমাণ **'গ'** উহার অণুর সমষ্টি মাত্র, এবং অণুগুলি সর্বতোভাবে সদৃশ। অতএব যে কোন n-সংখ্যক অণুতে **'ক'** এবং **'খ'**-এর পরিমাণের অনুপাত হইবে $5nx : 3ny = 5x : 3y$ অর্থাৎ অনুপাতটি নির্দিষ্টই হইবে। ইহাই স্থিরানুপাত সূত্র।

৬-২। গুণানুপাত সূত্র (Law of Multiple Proportions): একটি মৌলিক পদার্থ যখন অপর একটি মৌলিক পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুই বা ততোধিক যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে তখন বিভিন্ন যৌগিক পদার্থে মৌলিক পদার্থগুলির ওজনের অনুপাত বিভিন্ন হয়। উহাদের একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট পরিমাণের সঙ্গে অপরটির যে বিভিন্ন ওজন সংযুক্ত হয়, সেই বিভিন্ন ওজনগুলির মধ্যে একটি সরল অনুপাত সর্বদাই পরিদৃষ্ট হয়।

মনে কর, **'ক'** ও **'খ'** মৌলিক পদার্থ দুইটি হইতে **'গ'** এবং **'ঘ'** দুইটি যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায়। স্থিরানুপাত নিয়মানুসারে **'গ'** যৌগিক পদার্থে **'ক'** ও **'খ'**-এর ওজনের একটি নির্দিষ্ট অনুপাত আছে। সেই রকম **'ঘ'** যৌগিক পদার্থেও উহাদের একটি নির্দিষ্ট অনুপাত আছে। অতএব, নির্দিষ্ট পরিমাণ **'ক'**-এর সঙ্গে দুই ক্ষেত্রে বিভিন্ন পরিমাণ **'খ'** যুক্ত হইয়াছে। **'খ'**-এর এই বিভিন্ন ওজনগুলি যদৃচ্ছ হইতে পারে না; এই ওজনগুলির ভিতর একটি সরল অনুপাত থাকিবে। "সরল অনুপাত" বলিতে সাধারণতঃ ক্ষুদ্র পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত বুঝায়। ক্ষুদ্র রাশিগুলি ১০-এর নীচে হওয়া বাঞ্ছনীয়। ১ : ১, ১ : ২, ৩ : ৪, ৫ : ৭ ইত্যাদিকে সরল অনুপাত মনে করা

হয় ; ৩'৫ : ৫'৮ অথবা ১৭২ : ৩৮৩ এই প্রকার অনুপাতকে সরল অনুপাত বলা হয় না।

এখন দুই একটি বাস্তব উদাহরণ লওয়া যাউক।

(ক) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুইটি মৌলিক উপাদানের সমন্বয়ে দুইটি যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায়—জল এবং হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড। এই দুইটি পদার্থে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত নিম্নরূপ :—

যৌগিক পদার্থ	ওজনের অনুপাত হাইড্রোজেন : অক্সিজেন		হাইড্রোজেন : অক্সিজেন
১। জল	১ : ৮	অথবা	২ : ১৬
২। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড	১ : ১৬		১ : ১৬

অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ হাইড্রোজেনের (১ ভাগ) সঙ্গে যে বিভিন্ন পরিমাণের অক্সিজেন যুক্ত হইতে পারে তাহার অনুপাত ৮ : ১৬ অর্থাৎ ১ : ২। ইহা একটি সরল অনুপাত। অথবা, বলিতে পারা যায়, নির্দিষ্ট পরিমাণ অক্সিজেনের সঙ্গে (১৬ ভাগ) যে বিভিন্ন পরিমাণের হাইড্রোজেন যুক্ত হয় তাহার অনুপাত ২ : ১।

(খ) পারদ ও ক্লোরিনের সহযোগে দুইটি যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয়—মারকিউরাস ক্লোরাইড এবং মারকিউরিক ক্লোরাইড। এই দুইটি পদার্থে মৌলিক উপাদানগুলির অনুপাত নিম্নে দেওয়া গেল :—

যৌগিক পদার্থ	ওজনের অনুপাত পারদ : ক্লোরিন		পারদ : ক্লোরিন
১। মারকিউরাস ক্লোরাইড	২০০'৬ : ৩৫'৫	অথবা	২০০'৬ : ৩৫'৫
২। মারকিউরিক ক্লোরাইড	২০০'৬ : ৭১		১০০'৩ : ৩৫'৫

অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ পারদের সঙ্গে (২০০'৬ ভাগ) যে বিভিন্ন পরিমাণ ক্লোরিন যুক্ত হয় তাহার অনুপাত ৩৫'৫ : ৭১ অর্থাৎ ১ : ২। ইহাও সরল অনুপাত।

পক্ষান্তরে, নির্দিষ্ট পরিমাণ ক্লোরিনের সঙ্গে (৩৫'৫ ভাগ) যে বিভিন্ন পরিমাণ পারদ যুক্ত হইয়াছে তাহার অনুপাত ২০০'৬ : ১০০'৩ অর্থাৎ ২ : ১। ইহাও সরল অনুপাত।

(গ) লৌহ এবং অক্সিজেনের বিক্রিয়াতে তিনটি যৌগিক পদার্থ পাওয়া গিয়াছে। ফেরাস, ফেরিক, এবং ফেরোসোফেরিক অক্সাইড। বিশ্লেষণে উহাদের উপাদানগুলির অনুপাত এইরূপ জানা গিয়াছে :—

যৌগিক পদার্থ	ওজনের অনুপাত					
	লৌহ	অক্সিজেন		লৌহ	:	অক্সিজেন
১। ফেরাস অক্সাইড	৫৬	১৬	অর্থাৎ	৫৬	:	১৬
২। ফেরিক অক্সাইড	১১২	৪৮		৫৬	:	২৪
৩। ফেরোসোফেরিক অক্সাইড	১৬৮	৬৪		৫৬	:	$\frac{৬৪}{৩}$

অতএব, নির্দিষ্ট পরিমাণ লৌহের (৫৬ ভাগ) সঙ্গে বিভিন্ন ওজনের অক্সিজেনের অনুপাত ১৬ : ২৪ : $\frac{৬৪}{৩}$ অর্থাৎ ৬ : ৯ : ৮। ইহাও সরল অনুপাত। এই রকম আরও বহু উদাহরণ দেওয়া যাইতে পারে।

অতএব দেখা যাইতেছে যে "বিভিন্ন ওজনের একটি মৌলিক পদার্থ যদি নির্দিষ্ট ওজনের অপর একটি মৌলিক পদার্থের সহিত যুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ গঠন করে, তাহা হইলে প্রথম মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন ওজনগুলি একটি সরল অনুপাতে থাকে।" ইহাকেই **গুণানুপাত সূত্র** বলা হয়।

গুণানুপাত সূত্রটি ডালটনের পরমাণুবাদ হইতে সমর্থন করা যাইতে পারে। মনে কর, 'A' এবং 'B' দুইটি মৌলিক পদার্থ এবং উহাদের পরমাণুর ওজন যথাক্রমে x gms এবং y gms। 'A' এবং 'B'-এর সংযোগে যদি দুইটি যৌগপদার্থের সৃষ্টি হয় তবে উহাদের অণুগুলি ডালটনবাদ অনুসারে 'A' এবং 'B'-এর পরমাণুর সমাবেশে হইয়াছে। মনে কর, প্রথম পদার্থের অণুতে একটি 'A' এবং একটি 'B' পরমাণু আছে এবং দ্বিতীয় পদার্থের অণুগুলি দুইটি 'A' এবং তিনটি 'B' পরমাণু দ্বারা গঠিত। অতএব উহাদের সঙ্কেত হইবে AB এবং A_2B_3। এখন—

প্রথম পদার্থে x gms A এবং y gms B সম্মিলিত আছে। উহাদের ওজনের অনুপাত $x : y$। দ্বিতীয় পদার্থে $2x$ gms 'A' এবং $3y$ gms 'B' সম্মিলিত আছে। তাহাদের ওজনের অনুপাত $2x : 3y$ অথবা $x : \frac{3}{2} y$.

অতএব যে অনুপাতে বিভিন্ন পরিমাণ 'B', x gms 'A'-এর সঙ্গে সংযুক্ত হইয়াছে, তাহা হইবে $y : \frac{3}{2} y$ অর্থাৎ ২ : ৩। ইহা একটি সরলানুপাত। অতএব ডালটনবাদের সাহায্যে গুণানুপাত-সূত্র প্রমাণিত হইল।

* ৬-৩। **মিথোম্নুপাত সূত্র (Law of Reciprocal Proportions)**ঃ একটি মৌলিক পদার্থ অপর দুইটি মৌলিক পদার্থের সঙ্গে পৃথকভাবে সংযুক্ত হইয়া বিভিন্ন যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করিতে পারে। প্রথম মৌলিক পদার্থের এক নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে শেষোক্ত মৌলিক পদার্থ দুইটির বিভিন্ন ওজন মিলিত হইবে। যদি এই মৌলিক পদার্থ দুইটি নিজেরা কোন যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে, তবে তাহারা একে অন্যের সহিত যে ওজনে মিলিত হইবে, সেই ওজনগুলি পূর্বোক্ত বিভিন্ন ওজনের সমান অথবা ঐ ওজনগুলির সরল গুণিতক হইবে।

ধরা যাউক, **'ক'** মৌলিক পদার্থটি **'খ'** এবং **'গ'** মৌলিক পদার্থের সঙ্গে দুইটি পৃথক যৌগিক পদার্থ প্রস্তুত করিতে পারে, যাহাতে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ **'ক'**-এর সঙ্গে *'a'* gms **'খ'** এবং *'b'* gms **'গ'** পৃথকভাবে মিলিত আছে। এখন, **'খ'** ও **'গ'** মিলিয়া যদি একটি যৌগিক পদার্থ তৈয়ারী করে তবে *'a'* gms **'খ'** *'b'* gms **'গ'**-এর সঙ্গে যুক্ত হইবে ; অথবা *'a'* gms-এর কোন সরল গুণিতক *'b'* gms-এর কোন সরল গুণিতকের সহিত মিলিত হইবে।

উদাহরণঃ (ক) হাইড্রোজেন পৃথকভাবে কার্বন ও অক্সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া মিথেন ও জল সৃষ্টি করে। উহাদের উপাদানের ওজনের অনুপাত ঃ

মিথেন—কার্বন : হাইড্রোজেন = ৩ : ১

জল—অক্সিজেন : হাইড্রোজেন = ৮ : ১

আবার কার্বন ও অক্সিজেন যখন নিজেদের ভিতর সংযুক্ত হয় উহাতে উপাদানের অনুপাত থাকে—

কার্বন ডাই-অক্সাইড—কার্বন : অক্সিজেন = ৩ : ৮

অর্থাৎ যে ওজনে উহারা একভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে মিলিত হইয়াছিল, সেই ওজনের অনুপাতেই তাহারা নিজেদের মধ্যে সম্মিলিত হইয়াছে।

(খ) কার্বনের সহিত পৃথকভাবে সালফার ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই-সালফাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহাদের উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত নিম্নরূপ :—

কার্বন ডাই-সালফাইড—কার্বন : সালফার = ৩ : ১৬

কার্বন ডাই-অক্সাইড—কার্বন : অক্সিজেন = ৩ : ৮

সালফার ও অক্সিজেনের সংহতিতে যে যৌগিক পদার্থ সালফার ডাই-অক্সাইড হয়, উহাতে

সালফার : অক্সিজেন = ১ : ১ (অর্থাৎ ১৬ : ১৬)

উপরের সূত্র অনুসারে ১৬ ভাগ সালফার, ৮ ভাগ অথবা ৮ ভাগের কোন সরল গুণিতক-পরিমাণ অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে। বস্তুতঃ, দেখা গেল যে ১৬ ভাগ সালফার ৮ ভাগ অক্সিজেনের দুই গুণিতকের সহিত যুক্ত হইয়াছে। সুতরাং সূত্রটি প্রমাণিত হইল।

অতএব আমরা বলিতে পারি, "যে-বিভিন্ন ওজনে দুইটি মৌলিক পদার্থ তৃতীয় একটি মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট ওজনের সঙ্গে পৃথকভাবে সংযুক্ত হয়, কেবলমাত্র সেই বিভিন্ন ওজনেই অথবা ঐ সকল ওজনের সরল গুণিতকের অনুপাতেই তাহারা নিজেদের ভিতর মিলিত হইয়া যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করিতে পারে।" ইহাকেই **মিথোনুপাত সূত্র** বলা হয়।

ডালটনের পরমাণুবাদ ও মিথোনুপাত সূত্রঃ মনে কর 'A' মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু পৃথকভাবে 'B' ও 'C' মৌলিক পদার্থের একটি করিয়া পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া AB এবং AC (সঙ্কেত) যৌগিক পদার্থদ্বয়ের সৃষ্টি করে। 'B'-এর পরমাণুর ওজন যদি x gms এবং 'C'-এর পরমাণুর ওজন y gms হয়, তাহা হইলে x gms 'B' এবং y gms 'C' নির্দিষ্ট পরিমাণ 'A'-র সঙ্গে মিলিত আছে।

মনে কর, B এবং C যখন সংযুক্ত হয় তখন দুইটি 'B' পরমাণুর সহিত তিনটি 'C' পরমাণুর মিলন ঘটে (B_2C_3), অর্থাৎ $2x$ gms 'B' এবং $3y$ gms 'C' সংযুক্ত হয়। অতএব যে যে ওজনে B এবং C নির্দিষ্ট পরিমাণ 'A'-র সহিত যুক্ত হয় যথাক্রমে তাহার দুই এবং তিন গুণিতকে নিজেরা মিলিত হইয়াছে। ইহাই মিথোনুপাত সূত্র।

অনুশীলনী

১। গুণানুপাত সূত্রটি বুঝাইয়া দাও। একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড আছে। এই অক্সাইড-দ্বয়ের প্রতি গ্রাম হইতে যথাক্রমে ০·৭৯৮ এবং ০·৮৮৮ গ্রাম ধাতু পাওয়া যায়। ইহা হইতে গুণানুপাত সূত্রের যাথার্থ্য প্রমাণ কর। (কলিকাতা, ১৯২১)

২। "গুণানুপাত সূত্র"টি লেখ। অন্ততঃ দুইটি উদাহরণের সাহায্যে সূত্রটির ব্যাখ্যা কর। ডালটনের পরমাণুবাদের সাহায্যে কি ভাবে এই সূত্রটিতে উপনীত হওয়া সম্ভব দেখাইয়া দাও।

একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে শতকরা ২৭·৬ এবং ৩০·০ ভাগ অক্সিজেন আছে। প্রথমটির সঙ্কেত M_3O_4 হইলে দ্বিতীয়টির সঙ্কেত কি হইবে? (কলিকাতা, ১৯১০)

৩। সীসকের তিনটি অক্সাইডে সীসক ও অক্সিজেনের পরিমাণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

	সীসক	অক্সিজেন
(১)	৯২·৮৫%	৭·১৫%
(২)	৯০·৬৩%	৯·৩৭%
(৩)	৮৬·৫১%	১৩·৪৯%

এই পরিমাণসমূহ গুণানুপাত সূত্রসম্মত, প্রমাণ কর। (বারাণসী, ১৯৩০)

৪। নিম্নলিখিত পরীক্ষার ফলসমূহ হইতে কোন্ রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রটির প্রমাণ পাওয়া যায়? সেই সূত্রটি বর্ণনা কর।

(ক) ০·৪৬ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে ০·৭৭ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।

(খ) ০·৮২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অ্যাসিড হইতে প্রমাণ অবস্থায় ৭৬০ ঘন সেণ্টিমিটার হাইড্রোজেন উৎপাদন করে।

(গ) ১·১২ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত হাইড্রোজেন মিলিত হইলে ১·২৬ গ্রাম জল উৎপন্ন হয়। (এলাহাবাদ, ১৯৩০)

৫। উপযুক্ত দৃষ্টান্তসহ রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলি ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। পরমাণু-বাদের সহিত এই সূত্রগুলির সম্পর্কও বুঝাইয়া দাও। (কলিকাতা, ১৯১১, '৩১, '৩৩, '৪৪)

৬। ডালটনের পরমাণুবাদ দ্বারা কি বুঝায়? এই পরমাণুবাদের সহিত মিথোনুপাত ও গুণানুপাত সূত্র দুইটির সমন্বয় কি করিয়া সম্ভব উদাহরণের সাহায্যে তাহা বুঝাইয়া দাও।

৭। কার্বন ডাই-অক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইড উভয়েই কার্বন ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ। উহাদের ভিতর কার্বনের পরিমাণ যথাক্রমে ২৭% এবং ৪৩%। এই পরিমাণ কি গুণানুপাত সূত্রসম্মত?

৮। সালফার ডাই-অক্সাইড অণুতে একটি সালফার ও দুইটি অক্সিজেন অণু আছে। এই যৌগে শতকরা ৫০ ভাগ সালফার। সালফার ও অক্সিজেনের পরমাণুর ওজনের অনুপাত কি হইবে?

সপ্তম অধ্যায়

গ্যাসীয় পদার্থের অবস্থাগত ধর্ম

৭-১। গ্যাসীয় পদার্থ: গ্যাসীয় বস্তুগুলির অবস্থাজনিত ধর্মের কিছু বৈশিষ্ট্য আছে। উহাদের প্রধান বিশেষত্ব:

(১) গ্যাসীয় পদার্থের কোন আকার বা আয়তন নাই। উহারা যে পাত্রে থাকিবে তাহার সমস্ত স্থান জুড়িয়া থাকিবে।

(২) চাপ বৃদ্ধি করিলে গ্যাসের আয়তন কমিয়া যায়, আবার চাপ সরাইয়া লইলে আয়তন বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ গ্যাসীয় পদার্থ সঙ্কোচনশীল, অথবা উহাদের স্থিতিস্থাপকতা আছে (Volume-Elasticity)।

(৩) দুই বা ততোধিক যে কোন গ্যাস একত্রিত হইলে মিশ্রণটি সমসত্ব হয়। সমস্ত গ্যাস সমানভাবে মিশিতে পারে।

(৪) গ্যাসীয় পদার্থগুলিও জড় পদার্থ; সুতরাং উহাদের ওজন আছে।

(৫) প্রত্যেক গ্যাসীয় পদার্থের যে কোন অবস্থায় একটি চাপ আছে। যে পাত্রে উহা থাকিবে তাহার উপর উহারা এই চাপ (pressure) দেয়।

আমাদের চতুর্দিকে পৃথিবীর আবরণ হিসাবে যে বায়ুমণ্ডলী আছে, তাহাও গ্যাসীয় পদার্থ; সুতরাং উহারও চাপ আছে। বায়ুমণ্ডলীর এই চাপ বা প্রেষ, টরিসেলী খুব সুন্দরভাবে দেখাইয়াছেন।

টরিসেলীর পরীক্ষা: প্রায় তিন ফুট লম্বা একটি কাচের নল লও, উহার এক মুখ বন্ধ থাকা প্রয়োজন। উহাকে পারদ দ্বারা পূর্ণ কর এবং খোলা মুখটি বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা বন্ধ করিয়া দাও। এখন নলটিকে উল্টাইয়া ধরিয়া আর একটি পারদপূর্ণ পাত্রে উহার খোলা মুখটি ডুবাইয়া আঙুলটি সরাইয়া লও। দেখিবে, নলের ভিতর হইতে খানিকটা পারদ নামিয়া যাইবে, কিন্তু উহার অধিকাংশই নলের ভিতরে থাকিবে। পারদের উপর খানিকটা স্থান শূন্য থাকিবে, সেখানে বাতাস মোটেই ঢুকিতে পারে নাই। উহা সম্পূর্ণ রিক্ত। উহাকে **"টরিসেলী ভ্যাকাম"** বলে। বাহিরের পাত্রে যে পারদ আছে তাহার পৃষ্ঠদেশ হইতে মাপিলে নলের ভিতর পারদের উচ্চতা প্রায় ৩০ ইঞ্চি বা ৭৬ সেণ্টিমিটার হইবে। পারদ অত্যন্ত ভারী হওয়া সত্ত্বেও নীচে পড়িয়া যায় না। ইহাতে বুঝা যায় যে বায়ুমণ্ডল পাত্রের পারদের উপর চাপ দিতেছে এবং উহার ফলে পারদ নলের ভিতরে উঠিয়া রহিয়াছে। অতএব এই পারদ-স্তম্ভের ওজন ও বায়ুমণ্ডলের চাপ সমান। ইহা হইতে বায়ুমণ্ডলের চাপ নির্ধারণ করা যায়।

এই ভাবে বিভিন্ন স্থানে এবং বিভিন্ন উচ্চতায় পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে ভিন্ন ভিন্ন উচ্চতায় পারদ-স্তম্ভের উচ্চতা বিভিন্ন অর্থাৎ চাপের পরিমাণ বিভিন্ন। 0°C উচ্চতায় বিষুবরেখার নিকট সমুদ্র-সমতলে বায়ুমণ্ডলীর চাপ প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে ৭৬ সেন্টিমিটার উচ্চ পারদ-স্তম্ভের ওজনের সমান; অর্থাৎ, $১\cdot০১ \times ১০^{৬}$ ডাইন এবং প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে উক্ত চাপের পরিমাণ ১৫ পাউণ্ড বা প্রায় সাড়ে সাত সের। এই চাপকে **প্রমাণ চাপ (Normal pressure)** বলে।

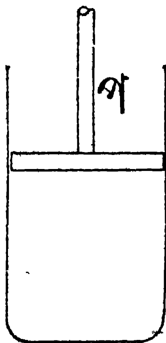
চাপের পরিমাণ সাধারণতঃ ডাইনে প্রকাশ করা হয়। যেমন ৭৬ সেন্টিমিটার পারদের চাপ = ৭৬ × ১৩·৬ × ৯৮০ ডাইন।

[পারদের গুরুত্ব = ১৩·৬, অভিকর্ষাঙ্ক = ৯৮০ (acceleration due to gravity)]

অনেক সময় এই চাপকে 'ডাইনে' প্রকাশ না করিয়া শুধু পারদের উচ্চতা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন চাপ = ৬০ সেন্টিমিটার; ইহা হইতে বুঝিতে হইবে যে প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে চাপটি ৬০ সেন্টিমিটার পারদ স্তম্ভের ওজনের সমান।

যেহেতু বায়ুমণ্ডলের চাপ ৭৬ সেন্টিমিটার পারদ-স্তম্ভের ওজনের সমান, এই চাপকে এক **অ্যাটমসফিয়ার (atmosphere)** বলে। অতএব কোন গ্যাসের চাপ যদি ৩২ সেন্টিমিটার পারদের সমান হয়, তবে তাহাকে $\frac{৩২}{৭৬}$ অ্যাটমসফিয়ারও বলা যাইতে পারে।

৭-২। বয়েল্স সূত্র (Boyle's Law): শুধু যে বায়ুমণ্ডলীর চাপ আছে তাহা নহে, সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থই সব দিকে এই রকম চাপ দিতে পারে। যদি কিছুটা গ্যাস একটি স্তম্ভকে (cylinder) পুরিয়া একটি পিস্টনের সাহায্যে আটকাইয়া রাখা হয় তবে পিস্টনের উপর একটি চাপ দিতেই হইবে। অন্যথায় পিস্টনটি উপরের দিকে চলিয়া যাইবে (চিত্র ৭ক)। এখন পিস্টনের উপরের চাপ যদি **প** সেন্টিমিটার হয় তবে গ্যাসটির ঊর্ধ্বচাপও নিউটনের সূত্র অনুসারে **প** সেন্টিমিটারই হইতে হইবে। যদি গ্যাসের চাপ কম হয় তবে পিস্টনটি আরও নামিয়া আসিবে, আর যদি গ্যাসের চাপ **প** সেন্টিমিটারের বেশী হয়, তবে পিস্টনটি উঠিয়া যাইবে এবং গ্যাসের আয়তন



চিত্র—৭ক

বৃদ্ধি পাইবে। অতএব ইহা স্পষ্টতঃই বুঝা যাইতেছে যে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার চাপের উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ একই পরিমাণ গ্যাসের আয়তন বিভিন্ন চাপে বিভিন্ন হইবে।

চাপের সহিত গ্যাসের আয়তনের সম্পর্কটি **রবার্ট বয়েল** প্রথমে আবিষ্কার করেন। ইহাকে **বয়েল সূত্র (Boyle's Law)** বলে।

নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ব পদার্থকে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় রাখিয়া উহার উপর যত বেশী চাপ বৃদ্ধি করা হয়, উহার আয়তন সেই অনুপাতে কমিয়া যায় এবং চাপ যত কমানো যায় আয়তন সেই অনুপাতে বাড়িতে থাকে। অর্থাৎ, "নির্দিষ্ট উষ্ণতায় চাপের বৃদ্ধি ও হ্রাসের অনুপাতে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন যথাক্রমে কমিবে ও বাড়িবে।"

একটি গ্যাসের উপর চাপ যদি দ্বিগুণ করা হয় তবে উহার আয়তন অর্ধেক হইবে ; অথবা গ্যাসের উপর চাপ যদি এক-তৃতীয়াংশ করা হয় তবে উহার আয়তন তিনগুণ হইবে।

এখন অঙ্কের সাহায্যে সূত্রটিকে প্রকাশ করা যাইতে পারে। মনে করা যাউক, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ P এবং আয়তন V। অতএব উহাদের গুণফল $= P \times V$.

এখন, চাপ অর্ধেক করিলে আয়তন দ্বিগুণ হইবে,

অর্থাৎ, নূতন চাপ $= \frac{P}{2}$ · আয়তন $= 2V$

এই চাপ এবং আয়তনের গুণফল $= \frac{P}{2} \times 2V = PV$.

অথবা, চাপ তিনগুণ করিলে আয়তন $\frac{1}{3}$ অংশ হইবে, সুতরাং নূতন চাপ $= 3P$, আয়তন $= \frac{V}{3}$, এবং ইহাদের গুণফল $3P \times \frac{V}{3} = PV$.

[অবশ্য চাপ এবং আয়তনের জন্য একবার যে যে একক গ্রহণ করা যাইবে, সর্বদাই সেই একক রাখিতে হইবে।]

অতএব, দেখা যাইতেছে যে চাপ এবং আয়তনের গুণফল নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের জন্য নির্দিষ্ট। অবশ্য এই চাপ এবং আয়তনের পরিবর্তন করার সময় উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকা চাই। ইহা যে কোন গ্যাসের পক্ষে প্রযোজ্য। তাহা হইলে আমরা বলিতে পারি :

$PV = K$ (নিত্য-সংখ্যা), অথবা $PV = P_1V_1 = P_2V_2$ ইত্যাদি ($P_1, P_2, P_3 \cdots$ পরিবর্তিত চাপ ; $V_1, V_2, V_3 \cdots$ পরিবর্তিত আয়তন।)

$$\therefore \quad P = \frac{K}{V}$$

সুতরাং, "নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ উহার আয়তনের বিপরীত অনুপাতে (বা ব্যস্ত অনুপাতে) পরিবর্তিত হয়।" ইহাই বয়েল সূত্র।

উদাহরণ ১ঃ নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ৪০ ঘনায়তন সেন্টিমিটার অক্সিজেনকে প্রমাণ চাপ হইতে ১১৪ সেন্টিমিটার পারদ চাপে নেওয়া হইলে উহার আয়তন কত হইবে?

গ্যাসের চাপ ছিল = ৭৬ সেন্টিমিটার এবং আয়তন = ৪০ ঘন সেন্টি; বর্তমান চাপ = ১১৪ সেন্টিমিটার। মনে কর, আয়তন V হইবে।

অতএব, $১১৪ \times V = ৭৬ \times ৪০$

অথবা $V = \frac{৭৬ \times ৪০}{১১৪} = \frac{৮০}{৩} = ২৬\cdot৬৬$ ঘন সেন্টি। (উত্তর)

[ঘন সেন্টি = ঘনায়তন সেন্টিমিটার = cubic centimeter]

উদাহরণ ২ঃ ১২০ ঘনায়তন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চাপ-বৃদ্ধিতে ৪০ ঘনায়তন সেন্টিমিটার হইয়াছে। উহার পূর্বের চাপ ৩৮ সেন্টিমিটার হইলে বর্তমান চাপ কত অ্যাটমসফিয়ার হইবে? উষ্ণতার কোন পরিবর্তন হয় নাই।

মনে কর, বর্তমান চাপ = P অ্যাটমসফিয়ার

পূর্ববর্তী চাপ ছিল = ৩৮ সেন্টিমিটার = $\frac{৩৮}{৭৬} = \frac{১}{২}$ অ্যাটমসফিয়ার।

$$PV = P_1V_1$$

অতএব $P \times ৪০ = \frac{১}{২} \times ১২০$ $\therefore$ $P = \frac{১২০}{২ \times ৪০} = ১\cdot৫$ অ্যাটমসফিয়ার। (উত্তর)

৭-৩। চার্লস্ সূত্র (Charles' Law)ঃ তাপ প্রয়োগে সমস্ত জড় পদার্থেরই উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় এবং সঙ্গে সঙ্গে আয়তনও প্রসার লাভ করে। ইহা সাধারণ অভিজ্ঞতা। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে গ্যাসীয় পদার্থের প্রসারণ অন্যান্য পদার্থ হইতে অনেক বেশী হয়। বলা বাহুল্য, উষ্ণতা কমাইলে গ্যাসীয় পদার্থ সঙ্কুচিত হইয়া আসে।

তাপমাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে বায়বীয় পদার্থের আয়তনের সঙ্কোচন বা প্রসারণের পরিমাণ পরীক্ষা দ্বারা স্থির করা হইয়াছে। বিভিন্ন পরীক্ষার ফলে দুইটি প্রধান সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া গিয়াছে।

(১) নির্দিষ্ট চাপে এবং 0° সেন্টি. উষ্ণতায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের একটি আয়তন থাকিবে। প্রতি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রি তাপমাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে গ্যাসের

আয়তন উহার 0° সেন্টিগ্রেডের আয়তনের $\frac{১}{২৭৩}$ অংশ বাড়িয়া যাইবে। এই $\frac{১}{২৭৩}$ অংশটিকে আমরা **'প্রসারাঙ্ক' (coefficient of expansion)** বলিতে পারি।

যদি 0° সেন্টি. কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V_0 ঘন সেন্টিমিটার হয়, তাহা হইলে

১° সেন্টি. উহার আয়তন হইবে $= V_0 + \frac{V_0}{২৭৩} = V_0\left(১ + \frac{১}{২৭৩}\right)$ ঘন সেন্টি.

৫° সেন্টি. উহার আয়তন হইবে $= V_0 + \frac{৫}{২৭৩}V_0 = V_0\left(১ + \frac{৫}{২৭৩}\right)$ "

অথবা, $-১০°$ সেন্টি. উহার আয়তন হইবে $= V_0 - \frac{১০}{২৭৩}V_0 = V_0\left(১ - \frac{১০}{২৭৩}\right)$ ঘন সেন্টিমিটার।

[অবশ্য এই সমস্ত তাপমাত্রা পবিবর্তনের সময় চাপ অপরিবর্তিত থাকা চাই]

(২) সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থ প্রসারণে বা সঙ্কোচনে একই রকম ব্যবহার করে; অর্থাৎ প্রত্যেক গ্যাসেরই প্রসারাঙ্ক এক।

এই সমস্ত পরীক্ষা ও সিদ্ধান্তের ফলে চার্লস্ একটি সূত্র আবিষ্কার করেন। ইহাই চার্লস্ সূত্র নামে বিখ্যাত।

"নির্দিষ্ট চাপে, কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন প্রতি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রী উষ্ণতার পরিবর্তনে উহার 0° সেন্টিগ্রেডের আয়তনের $\frac{১}{২৭৩}$ অংশ প্রসারিত বা সঙ্কুচিত হয়।"

৭-৪। চাপের সূত্র (Law of Pressures): কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসকে নির্দিষ্ট আয়তনে রাখিয়া যদি উহার উষ্ণতা পরিবর্তন করা হয়, তবে উহার চাপও পরিবর্তিত হইবে। উষ্ণতা পরিবর্তনের সহিত চাপ পরিবর্তনের নিয়মটি নিম্নরূপ :—

"নির্দিষ্ট আয়তনে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ প্রতি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রি উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত উহার 0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার চাপের $\frac{১}{২৭৩}$ অংশ বৃদ্ধি পায়, অর্থাৎ চাপ-প্রসারাঙ্কও $\frac{১}{২৭৩}$।" গ্যাসের চাপ-প্রসারাঙ্ক ও আয়তন-প্রসারাঙ্ক উভয়ই $\frac{১}{২৭৩}$।

কোন নির্দিষ্ট আয়তনে 0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ যদি P_0 হয়, তাহা হইলে

১° সেন্টিগ্রেডে উহার চাপ হইবে $= P_0 + \frac{১}{২৭৩}P_0 = P_0\left(১ + \frac{১}{২৭৩}\right)$

t° সেন্টিগ্রেডে উহার চাপ হইবে $= P_0 + \frac{t}{২৭৩}P_0 = P_0\left(১ + \frac{t}{২৭৩}\right)$

$-৩০°$ " " " " $= P_0 - \frac{৩০}{২৭৩}P_0$, ,, $\left(১ - \frac{৩০}{২৭৩}\right)$

৭-৫। পরম শূন্য এবং পরম উষ্ণতা (Absolute zero and Absolute temperature) : একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন 0° সেন্টিগ্রেডে যদি V_0 হয় এবং চাপ না বদলাইয়া উহার উষ্ণতা যদি ২৭৩° কমাইয়া দেওয়া যায়, তাহা হইলে উহার আয়তন হইবে $V_0\left(১ - \frac{২৭৩}{২৭৩}\right) = 0$ ঘন. সেন্টিমিটার ;

অর্থাৎ, উহার আয়তন লোপ পাইবে। স্পষ্টতঃই বুঝা যাইতেছে, যে কোন পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থ 0° সেন্টিগ্রেড হইতে $-$২৭৩° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত শীতল করিলে উহার কোন আয়তন থাকিবে না। যে উষ্ণতায় আয়তন লোপ পায় তাহাকে **"পরম শূন্য" (Absolute zero)** বলা হয়। এই পরম শূন্য হইতে যদি সেন্টিগ্রেড ডিগ্রি অনুসারে তাপমাত্রা মাপা যায় তবে উহাকে উষ্ণতার **পরম মাত্রা (Absolute scale)** বলা যায়। এই হিসাবে 0° সেন্টিগ্রেড হইবে ২৭৩° **পরম উষ্ণতা (Absolute temperature)** এবং ৩০° সেন্টিগ্রেড হইবে (২৭৩°+৩০°) = ৩০৩° পরম উষ্ণতা। অথবা t° সেন্টিগ্রেড হইবে (২৭৩°+t°) পরম উষ্ণতা। 0° সেন্টিগ্রেড অথবা ২৭৩° পরম উষ্ণতাকে **প্রমাণ উষ্ণতা (Normal temperature)** বলা হয়, যেমন ৭৬ সেন্টিমিটারকে প্রমাণ চাপ বলে।

চার্লস্ সূত্র অনুসারে আমরা দেখিয়াছি t° সেন্টিগ্রেডে গ্যাসের আয়তন যদি V_t হয় তাহা হইলে (নির্দিষ্ট চাপে)

$$V_t = V_0\left(১ + \frac{t}{২৭৩}\right)$$

অর্থাৎ $V_t = V_0\left(\frac{২৭৩ + t°}{২৭৩}\right)$

সেই রকম t_1° সেন্টিগ্রেডে $V_{t_1} = V_0\left(\frac{২৭৩ + t_1}{২৭৩}\right)$

$$\therefore \frac{V_t}{V_{t_1}} = \frac{২৭৩+t}{২৭৩+t_1} = \frac{T°}{T_1°}$$

($২৭৩+t = T$ পরম উষ্ণতা, $২৭৩+t_1 = T_1$ পরম উষ্ণতা)

অর্থাৎ, "নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আযতন পরম উষ্ণতার সঙ্গে সমানুপাতে বাড়িয়া চলে।" ইহা চার্লস্ সূত্রের প্রত্যক্ষ ফল।

৭-৬। বয়েল সূত্র এবং চার্লস্ সূত্রের সমন্বয়: গ্যাস সমীকরণ—

(ক) বয়েল সূত্রে বলা হইয়াছে, উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন চাপের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হইবে।

$$V \propto \frac{1}{P} \left(T \text{ অপরিবর্তিত থাকিবে।}\right)$$

(খ) চার্লস্ সূত্র হইতে জানা গিযাছে, চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন পরম উষ্ণতার সমানুপাতে পরিবর্তিত হইবে।

$$V \propto T \quad (P \text{ অপরিবর্তিত থাকিবে।})$$

[V = আয়তন, P = চাপ, T = পরম উষ্ণতা]

অঙ্কের নিযমানুসারে এই দুইটি সূত্রকে একত্র করিলে দাঁড়ায়—

$$\text{(a) } V \propto \frac{1}{P} \quad \text{এবং} \quad \text{(b) } V \propto T$$

অথবা, $V \propto \frac{T}{P}$, অর্থাৎ, $PV = KT$ (K = নিত্য সংখ্যা)।

ইহাকে গ্যাস-সমীকরণ বলে।

সুতরাং $\frac{PV}{T} = K$ (P, V, T সকলেই পরিবর্তনীয়)।

যদি গ্যাসের দুই অবস্থায় চাপ, আয়তন ও উষ্ণতা যথাক্রমে P_1, V_1, T_1, এবং P_2, V_2, T_2 হয়, তাহা হইলে $\frac{P_1V_1}{T_1} = K = \frac{P_2V_2}{T_2}$.

এই সমীকরণটি হইতে চাপ ও উষ্ণতা উভয়ই পরিবর্তিত হইলে আয়তনের পরিবর্তন অনায়াসে বাহির করা যায়।

উদাহরণ ঃ একটি বেলুনের ভিতর ১২° সেন্টিগ্রেডে ৭৫৬ মিলিমিটার চাপে ৪৫০ ঘন সেন্টিমিটার বাতাস আছে। বেলুনটিকে একটি খনিগর্ভে লইয়া গেলে উহার চাপ হইল ৭৬৫ মিলিমিটার এবং তাপমাত্রা ৫° সেন্টিগ্রেড। বেলুনের আয়তনের কি পরিবর্তন হইবে?

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}$$

মনে কর, V_2 = পরিবর্তিত আয়তন।

P_2 = ৭৬৫

T_2 = ২৭৩ + ৫ = ২৭৮

P_1 = ৭৫৬

V_1 = ৪৫

T_1 = ২৭৩ + ১২ = ২৮৫

অতএব, $V_2=\frac{P_1V_1}{P_2}\times\frac{T_2}{T_1}$

$=\frac{৭৫৬\times৪৫০}{৭৬৫}\times\frac{২৭৮}{২৮৫}$

= ৪৩৩.৭ ঘন সেন্টিমিটার।

সুতরাং, বেলুনটি ৪৫০ '–' ৪৩৩.৭ = ১৬.৩ ঘন সেন্টিমিটার ছোট হইয়া যাইবে।

অনুশীলনী

১। ২০০ ঘন সেন্টি. আয়তনের একটি গ্যাসীয় পদার্থ ৭২৮ মিলিমিটার চাপে এবং ১৮°C উষ্ণতায় আছে। প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় উহার আয়তন কত হইবে?

২। এক লিটার অঙ্গারাম্লের উষ্ণতা ৫০° বাড়াইয়া দেওয়া হইল। যদি তাপ অপরিবর্তিত রাখা হয়, তবে উহার আয়তন কত হইবে? উহার আয়তন যদি নির্দিষ্ট রাখা হয়, ঐ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে চাপের কত পরিবর্তন হইবে? (উত্তপ্ত হওয়ার পূর্বে গ্যাসটি প্রমাণ চাপে ছিল ধরিতে হইবে।)

৩। ৫২২ ঘন সেন্টি. হাইড্রোজেনকে ১৯° সেন্টিগ্রেড হইতে ১০০° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া দেখা গেল উহার আয়তন তিনগুণ হইয়াছে। পূর্বের চাপ ৭৬২ মিলিমিটার হইলে নূতন চাপ কত হইবে?

৪। ১৫° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৭০ মিলিমিটার চাপে পৃথকভাবে ১০০ ঘন সেন্টি. হাইড্রোজেন এবং ৫০ ঘন সেন্টি হাইড্রোজেন এবং ৫০ ঘন সেন্টি. অক্সিজেন একটি ২৫০ ঘন সেন্টি. আয়তনের শূন্য (vacuum) পাত্রের ভিতর মিশ্রিত করা হইল। ২০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এই মিশ্রপদার্থের চাপ কত হইবে?

৫। গ্যাসের চাপ, আয়তন ও উষ্ণতার পরস্পর সম্বন্ধ কি? ৭৮০ মিলিমিটার চাপের ১০ লিটার গ্যাসকে ১০° হইতে ২০° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া ৭৪০ মিলিমিটার চাপে রাখিলে উহার আয়তন কত হইবে?

অষ্টম অধ্যায়

আণবিক ও পারমাণবিক গুরুত্ব

৮-১। পদার্থের ঘনত্ব (Density) : বিভিন্ন পদার্থের একই আয়তনের ওজন বিভিন্ন। এক ঘন সেন্টিমিটার (1 c.c.) আয়তন-বিশিষ্ট পদার্থের যাহা ওজন তাহাকে তাহার **ঘনত্ব (Density)** বলে। যেমন পারদের ঘনত্ব ১৩·৬ গ্রাম, এক ঘন সেন্টিমিটার পারদের ওজন = ১৩·৬ গ্রাম। সুতরাং

ঘনত্ব = ১ ঘন সেন্টিমিটার আয়তন-বিশিষ্ট পদার্থের ওজন।

একটি বস্তুর আয়তন যদি V ঘন সেন্টিমিটার হয় এবং ওজন যদি W গ্রাম হয়, তাহা হইলে

V ঘন সেন্টিমিটার বস্তুর ওজন = W গ্রাম।

১ " " $= \frac{W}{V}$ গ্রাম।

সুতরাং ঘনত্ব $= \frac{W}{V}$ গ্রাম $= \frac{\text{বস্তুর ওজন}}{\text{বস্তুর আয়তন}}$।

বস্তুর ওজনকে যদি উহার আয়তন দ্বারা ভাগ করা যায়, তবেই ঘনত্ব জানা যায়। সচরাচর ওজনটি গ্রাম এবং আয়তনটি ঘন সেন্টিমিটারে প্রকাশ করা হয়।

উষ্ণতা ও চাপের পরিবর্তনের সঙ্গে আয়তনের পরিবর্তন হয়, কিন্তু ওজন ঠিকই থাকে। সুতরাং পদার্থটির উষ্ণতা বা চাপ যদি বদল হয়, তবে ঘনত্বেরও পরিবর্তন হইবে। এই দুই কারণে কঠিন ও তরল পদার্থের আয়তনের পরিবর্তন খুবই সামান্য হয় এবং সেইজন্য উহাদের ঘনত্বও খুব সামান্যই বদলায়।

কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন চাপে এবং বিভিন্ন উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ওজনের কোন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন বিভিন্ন হইবেই। অতএব গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব পদার্থটির উষ্ণতা ও চাপের উপরও নির্ভর করিবে। গ্যাসের ঘনত্ব বলিতে হইলে উহার চাপ ও উষ্ণতার উল্লেখ প্রয়োজন।

0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৬ সেন্টিমিটার চাপে এক ঘন সেন্টিমিটার আয়তন-বিশিষ্ট গ্যাসীয় পদার্থের ওজনকে উহার **'প্রমাণ ঘনত্ব' (Normal**

density) বলা হয়। যদি বিশেষ ভাবে উল্লিখিত না হয় তবে গ্যাসের 'ঘনত্ব' বলিলে "প্রমাণ ঘনত্ব"ই বুঝিতে হইবে। প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় এক ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন = ·০০০০৯ গ্রাম।

∴ হাইড্রোজেনের ঘনত্ব = ·০০০০৯ গ্রাম,

অথবা এক লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = ·০০০০৯ × ১০০০ = ·০৯ গ্রাম।

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব = ·০০১৯৮ গ্রাম। ইহার অর্থ, এক ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন = ·০০১৯৮ গ্রাম।

যেহেতু হাইড্রোজেনের ঘনত্ব = ·০০০০৯ গ্রাম, আমরা বলিতে পারি যে কার্বন ডাই-অক্সাইড হাইড্রোজেন অপেক্ষা $\frac{\cdot০০১৯৮}{\cdot০০০০৯}$ = ২২ গুণ ভারী।

গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব অত্যন্ত কম হয়, এবং হাইড্রোজেন সমস্ত পদার্থের চেয়ে লঘুভার। গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব সাধারণতঃ গ্রাম হিসাবে না মাপিয়া হাইড্রোজেনের ঘনত্বের সহিত তুলনা করা হয়। যেমন, কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব ·০০১৯৮ গ্রাম না বলিয়া কেবলমাত্র ২২ বলা হয়। অর্থাৎ ইহা হাইড্রোজেন হইতে ২২ গুণ ভারী।

সেইরকম "জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব = ৯" বলিলে বুঝিতে হইবে যে উহা হাইড্রোজেন অপেক্ষা ৯ গুণ ভারী। বস্তুতঃ উহার ঘনত্ব = ৯ × ·০০০০৯ গ্রাম।

এইভাবে, হাইড্রোজেনের সহিত তুলনায় যে ঘনত্ব প্রকাশ করা হয়, তাহা একটি গুণক সংখ্যা মাত্র, উহাতে কোন একক নাই। যেমন বাষ্পের ঘনত্ব, ৯। ইহা ৯ গ্রাম বা ৯ আউন্স নয়, ৯ কেবলমাত্র একটি সংখ্যা, যদ্দ্বারা হাইড্রোজেনের ঘনত্বকে গুণ করিলে পদার্থটির ঘনত্ব পাওয়া যাইবে। রাসায়নিক আলোচনা বা অঙ্কে এইরকম সংখ্যা দ্বারাই গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব প্রকাশ করা হয়।

৮·২। পারমাণবিক গুরুত্ব (Atomic weight) : মৌলিক পদার্থ মাত্রই উহার পরমাণুর সমষ্টি, এবং যে কোন একটি মৌলিক পদার্থের সমস্ত পরমাণুর ধর্ম এবং ওজনও এক। কিন্তু এই পরমাণুসমূহ অতিশয় ক্ষুদ্র এবং উহাদের ওজনও অত্যন্ত কম। হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন = ১·৬৬ × ১০^{−২৪} গ্রাম। লোহের একটি পরমাণুর ওজন = ৯·৩ × ১০^{−২৩} গ্রাম এবং অত্যন্ত ভারী ইউরেনিয়াম পরমাণুর ওজন = ৩·৮৫ × ১০^{−২২} গ্রাম। এত ক্ষুদ্র ওজন কল্পনা করাই শক্ত।

এত ছোট দশমিক ভগ্নাংশে প্রতিটি পরমাণুর ওজন প্রকাশ করা যেমন মুস্কিল তেমনি গণনাতেও এত ছোট সংখ্যার ব্যবহার খুবই অসুবিধাজনক। এই কারণে রসায়নবিদ্‌গণ পরমাণুর ওজন প্রকাশের একটি নূতন পদ্ধতি প্রচলন করিয়াছেন।

ওজন প্রকাশের যে-কোন পদ্ধতিতে একটি একক প্রয়োজন। এই নূতন পদ্ধতিতেও একটি একক আছে যাহার পরিমাপে একটি অক্সিজেনের পরমাণুর ওজন ১৬ একক হইবে [যদি একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন x গ্রাম হয়, তবে এই এককটি হইবে $\frac{x}{১৬}$ গ্রাম], অর্থাৎ এই পদ্ধতিতে অক্সিজেন পরমাণুকে ১৬ ধরা হইয়াছে।

এই এককের পরিমাপে হাইড্রোজেন পরমাণু = ১·০০৮, ক্লোরিন = ৩৫·৫, নাইট্রোজেন = ১৪, ব্রোমিন = ৮০, ইত্যাদি। এই সংখ্যাগুলিকে পারমাণবিক ওজন বলা যায় না, ইহাদের নাম **"পারমাণবিক গুরুত্ব" (atomic wt.)।**

বস্তুতঃ অক্সিজেনের পরমাণুর ওজন ১৬ গ্রাম বা আউন্স নয়। অথবা হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন ১·০০৮ ছটাক নয়। এই সংখ্যাগুলি হইতে আমরা পরমাণুদের পরস্পরের আপেক্ষিক গুরুত্ব (লঘু বা ভার) জানিতে পারি।

ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ৩৫·৫। অর্থাৎ যে হিসাবের অনুপাতে অক্সিজেন পরমাণুর ভার ১৬, সেই অনুপাতেই ক্লোরিনের পরমাণুর ভার ৩৫·৫। এই হিসাবেই সমস্ত মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব প্রকাশ করা হইয়াছে।

এই পারমাণবিক গুরুত্ব একটি সংখ্যা মাত্র। ইহার একক অক্সিজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{১}{১৬}$ অংশ। নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব ১৪। অতএব নাইট্রোজেন পরমাণু এই এককের ১৪ গুণ ভারী।

$$\therefore \text{ নাইট্রোজেন পরমাণুর ওজন} = ১৪ \times \frac{\text{অক্সিজেনের পরমাণুর ওজন}}{১৬}$$

সমস্ত পরমাণুর বেলাতেই এইরূপ হিসাব প্রযোজ্য।

আবার দেখা যায়, এই অনুপাতে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ১·০০৮। ইহা মোটামুটি অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্বের $\frac{১}{১৬}$ অংশ। অতএব আমাদের এই পদ্ধতির একক হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্বের প্রায় সমান।

অতএব, স্থূল হিসাবে পারমাণবিক গুরুত্ব বলিতে একটি পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে কতগুণ ভারী তাহাই বুঝায়। ব্রোমিনের পরমাণু হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা মোটামুটি ৮০ গুণ ভারী। সুতরাং ব্রোমিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ৮০।

৮-৩। আণবিক গুরুত্ব (Molecular weight): একই প্রকারের পরমাণু সহযোগে মৌলের অণু গঠিত এবং যৌগপদার্থের অণুগঠনে বিভিন্ন পরমাণুর সমন্বয় হয়। কয়েকটি মৌলিক পদার্থ ছাড়া, বিশ্বের সমস্ত পদার্থের অণুতেই একাধিক পরমাণু বর্তমান। সমস্ত রকমের অণুই এত ছোট যে দেখা যায় না এবং তাহাদের ওজনও এত কম যে প্রায় পরমাণুর পর্যায়ে পড়ে। বলা বাহুল্য, যে-কোন একটি পদার্থের সমস্ত অণুই সমধর্মী এবং একই ওজনের।

চিনির একটি অণুর ওজন মাত্র = $৫\cdot৬৮ \times ১০^{-২২}$ গ্রাম।

লবণের একটি অণুর ওজন মাত্র = $৯\cdot৭১ \times ১০^{-২৩}$ গ্রাম।

হাইড্রোজেন অণুর ওজন = $৩\cdot৩২ \times ১০^{-২৪}$ গ্রাম ইত্যাদি।

পরমাণুর মত দশমিক ভগ্নাংশে অণুর ওজন প্রকাশও অসুবিধাজনক। সেই জন্য অণুর ভর প্রকাশে রসায়নবিদ্‌গণ পারমাণবিক গুরুত্বের মত এই ক্ষেত্রে **'আণবিক গুরুত্ব' (Molecular weight)** প্রচলন করিয়াছেন। পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণে আমরা যে একক ব্যবহার করিয়াছি তাহাই এখানে প্রযোজ্য। স্থূল হিসাবে একটি অণু হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা যতগুণ ভারী তাহাকে উহার আণবিক গুরুত্ব বলা হয়। আমরা মোটামুটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনকে 'একক' ধরিয়া পারমাণবিক গুরুত্ব প্রকাশ করিয়াছি। এখানেও সেই পদ্ধতি প্রচলিত। একটি চিনির অণু একটি হাইড্রোজেনের পরমাণু অপেক্ষা ৩৪২ গুণ ভারী; অর্থাৎ, চিনির আণবিক গুরুত্ব = ৩৪২।

জলের আণবিক গুরুত্ব = ১৮। ইহার অর্থ, জলের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা ১৮ গুণ ভারী। বস্তুতঃ, জলের একটি অণুর ওজন ১৮ গ্রাম বা ছটাক নয়; ইহা একটি সংখ্যা মাত্র যদ্দ্বারা হাইড্রোজেনের প্রকৃত ওজনকে গুণ করিলে জলের অণুর প্রকৃত ওজন জানা যাইবে।

হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন = $১\cdot৬৬ \times ১০^{-২৪}$ গ্রাম

জলের অণুর ওজন = $১\cdot৬৬ \times ১০^{-২৪} \times ১৮ = ২৯\cdot৮৮ \times ১০^{-২৪}$ গ্রাম

অতএব, আণবিক গুরুত্ব = $\frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন}}$

সূক্ষ্ম হিসাবে অবশ্য অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব ১৬ ধরিয়া, সেই অনুপাতে আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা হয়।

পদার্থের অণু একাধিক পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত। এই সমস্ত পরমাণুর গুরুত্ব যোগ করিলে সেই অণুর গুরুত্ব পাওয়া যায়। যেমন, চিনির অণুর সঙ্কেত $C_{12}H_{22}O_{11}$, অর্থাৎ ১২টি কার্বন, ২২টি হাইড্রোজেন এবং ১১টি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা চিনির অণুটি গঠিত। এই পরমাণু সকলের গুরুত্ব হইবে—

১২টি কার্বন পরমাণু	= ১২ × ১২ = ১৪৪	[∵ কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ১২]
২২টি হাইড্রোজেন পরমাণু	= ২২ × ১ = ২২	[∵ হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ১]
১১টি অক্সিজেন পরমাণু	= ১১ × ১৬ = ১৭৬	[∵ অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ১৬]
	মোট = ৩৪২	

চিনির আণবিক গুরুত্ব হইবে = ৩৪২। অর্থাৎ সঙ্কেতের সমস্ত পরমাণুর গুরুত্বের যোগ-ফলই আণবিক গুরুত্ব।

৮-৪। গ্রাম-অণু (Gram-molecule): পূর্বেই বলা হইয়াছে পদার্থের আণবিক গুরুত্ব একটি সংখ্যা মাত্র, উহার কোন একক নাই। যেমন সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব ৯৮। সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুর ওজন ৯৮ গ্রাম বা ছটাক নয়।

পদার্থের আণবিক গুরুত্ব-সংখ্যক গ্রাম ওজনের পরিমাণকে সেই পদার্থের **গ্রাম-অণু (Gram-molecule)** বলে। যেমন ৯৮ গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড উহার এক গ্রাম-অণু। ৯৮ উহার আণবিক গুরুত্ব এবং ঐ সংখ্যক গ্রাম ওজনের বস্তুর পরিমাণ উহার এক গ্রাম-অণু।

প্রত্যেক পদার্থের গ্রাম-অণু একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজন যাহা সেই পদার্থের আণবিক গুরুত্ব যত, তত গ্রাম। জলের আণবিক গুরুত্ব ১৮, অতএব এক গ্রাম-অণু জল = ১৮ গ্রাম। লবণের আণবিক গুরুত্ব ৫৮·৫। অতএব এক গ্রাম-অণু লবণ = ৫৮·৫ গ্রাম ইত্যাদি।

সুতরাং যদি ১০ গ্রাম-অণু জল বলা হয় তবে ১৮০ গ্রাম জল বুঝাইবে। অথবা ৫·৭ গ্রাম-অণু চিনি যদি চাওয়া যায়, তাহা হইলে ৫·৭ × ৩৪২ গ্রাম চিনি দিতে হইবে, কারণ প্রতি গ্রাম-অণু চিনি ৩৪২ গ্রাম।

মনে রাখিতে হইবে, গ্রাম-অণু একটি ওজনের পরিমাণ; সুতরাং, উহার ওজনের 'একক' গ্রাম থাকিবে, উহা একটি সংখ্যা হইতে পারে না। বিভিন্ন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বিভিন্ন, সুতরাং উহাদের গ্রাম-অণুর পরিমাণও বিভিন্ন।

এইভাবে পারমাণবিক গুরুত্বের সমপরিমাণ গ্রাম ওজন কোন মৌলিক পদার্থকে **'গ্রাম-পরমাণু'** বলা যায়। যেমন ১৬ গ্রাম অক্সিজেনকে এক 'গ্রাম-পরমাণু' অক্সিজেন বলা যাইতে পারে।

নবম অধ্যায়

গ্যাসায়তন সূত্র ঃ অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প

৯-১। গ্যাসায়তন সূত্র (Law of Gaseous Volumes) ঃ অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষভাগে ইংরেজ বৈজ্ঞানিক **ক্যাভেণ্ডিস্ (Cavendish)** জল এবং তাহার দুইটি উপাদান—হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন সম্পর্কে বহু-রকম পরীক্ষা করেন। তিনি প্রমাণ করেন যে কোন নির্দিষ্ট আয়তনের হাইড্রোজেনকে জলে পরিণত করিলে উহার সহিত উহার অর্ধেক আয়তন অক্সিজেন যুক্ত হয়। ২০০ ঘন সেণ্টিমিটার হাইড্রোজেন ১০০ ঘন সেণ্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত সংযোগের ফলে জল উৎপন্ন হয়। অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আয়তনের যে অনুপাতে মিলিত হইয়া জল সৃষ্টি করে তাহা একটি সরল অনুপাত, ২ : ১।

ইহার পরে **গে-লুসাক (Gay-Lussac)** এবং **হামবোল্ট** অন্যান্য গ্যাসের রাসায়নিক বিক্রিয়া পরীক্ষা করেন। তাঁহারা প্রমাণ করেন যে কেবল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন নয়, অন্যান্য গ্যাসসমূহের আয়তনগুলিও রাসায়নিক সংযোগকালে সরল অনুপাতে থাকে। এই সকল পরীক্ষা হইতে **গে-লুসাক** একটি সূত্র আবিষ্কার করেন—

"গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়াকালে উহাদের আয়তনগুলি সরল অনুপাতে থাকে, এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলেও যদি গ্যাসীয় পদার্থই উৎপন্ন হয়,

তাহার আয়তনও বিক্রিয়ক গ্যাসের আয়তনের সহিত সরল অনুপাতে থাকিবে।" ইহাকে **গ্যাসায়তন সূত্র (Law of Gaseous Volumes)** বলে। অবশ্য পরীক্ষাকালে সমস্ত গ্যাসের আয়তন একই চাপ ও উষ্ণতায় মাপিতে হইবে। নিম্নলিখিত বিভিন্ন পরীক্ষালব্ধ ফল হইতেই এই সূত্রের সত্যতা প্রমাণিত হইবে।

(১) এক ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন ক্লোরিন মিলিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয়। অতএব আয়তন হিসাবে হাইড্রোজেন : ক্লোরিন = ১ : ১ ; ইহা সরল অনুপাত।

(২) এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন তিন ঘনায়তন হাইড্রোজেন সহযোগে দুই ঘনায়তন অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে। অর্থাৎ, আয়তন অনুসারে নাইট্রোজেন : হাইড্রোজেন : অ্যামোনিয়া = ১ : ৩ : ২, সরল অনুপাত। উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাসের আয়তন হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তনের সঙ্গে সরল অনুপাতে আছে।

(৩) এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন এক ঘনায়তন অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া দুই ঘনায়তন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস সৃষ্টি করে। সুতরাং আয়তন অনুপাতে নাইট্রোজেন : অক্সিজেন : নাইট্রিক অক্সাইড = ১ : ১ : ২—সরল অনুপাত।

(৪) দুই ঘনায়তন কার্বন ডাই-অক্সাইড বিয়োজনের ফলে এক ঘনায়তন অক্সিজেন এবং দুই ঘনায়তন কার্বন-মনোক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। সুতরাং আয়তন হিসাবে,

কার্বন ডাই-অক্সাইড : অক্সিজেন : কার্বন-মনোক্সাইড
২ : ১ : ২

ইহাও সরল অনুপাত।

এই রকম আরও অসংখ্য উদাহরণের উল্লেখ করা যাইতে পারে। এই সমস্ত হইতে স্পষ্টই বুঝা যায় যে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন যে বিক্রিয়ক গ্যাসসমূহের আয়তনের সমান হইবে তাহার কোন নিশ্চয়তা নাই ; এই সকল আয়তন সরল অনুপাতে থাকিবে মাত্র। আয়তন নির্ধারণকালে অবশ্য বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন গ্যাসসমূহের উষ্ণতা ও চাপ নির্দিষ্ট রাখিতে হইবে।

৯-২। বার্জেলীয়াসের (Berzelius) সিদ্ধান্ত ঃ ১৮০৮ খ্রীষ্টাব্দে গে-লুসাকের গ্যাসায়তন সূত্র আবিষ্কৃত হয়। প্রায় সেই সময়েই (১৮০৩-১৮০৮) ডালটনের পরমাণুবাদের প্রচার হয়। ডালটনের পরমাণুতত্ত্বের মূলকথা এই যে যৌগিক পদার্থমাত্রই বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্টসংখ্যক অবিভাজ্য পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত এবং প্রায়ই পরমাণুর সংখ্যাগুলি সরলানুপাতে থাকে। ডালটন অবশ্য পরমাণুবাদ প্রচারের সময় পদার্থের কোন অণুর কল্পনা করিতে পারেন নাই। তিনি মনে করিতেন, মৌলিক পদার্থ, যেমন হাইড্রোজেন বা লৌহ, উহাদের অবিভাজ্য পরমাণুর সমষ্টি,

তেমনই যৌগিক পদার্থ, জল বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও জল এবং অ্যাসিডের পরমাণুর সমষ্টিমাত্র। পদার্থের অণুর পৃথক অস্তিত্ব তখনও স্বীকৃত হয় নাই।

পরমাণুবাদের সাহায্যে তখন যে-সকল বিজ্ঞানী গ্যাসায়তন সূত্রটিকে বুঝিবার এবং ব্যাখ্যা করিবার চেষ্টায় ছিলেন, বার্জেলীয়াস তন্মধ্যে অন্যতম। তিনি বলেন, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন সংযোগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয়। পরীক্ষাতে প্রমাণিত হইয়াছে.

এক ঘনায়তন হাইড্রোজেন এক ঘনায়তন ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হয়।

আবার, একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত একটি ক্লোরিন পরমাণু যুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয়।

তাহা হইলে বুঝা যায় যে এক ঘনায়তন হাইড্রোজেনে যত পরমাণু আছে, এক ঘনায়তন ক্লোরিনেও ঠিক তত পরমাণু থাকিবে। অতএব বার্জেলীয়াস সিদ্ধান্ত করিলেন : "নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং চাপে, সম-আয়তন যে-কোন গ্যাসে একই সংখ্যক **পরমাণু** থাকে।"

সুতরাং ৫ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইড বা নাইট্রোজেন প্রভৃতি যে-কোন গ্যাসে **পরমাণুর** সংখ্যা সমান। অবশ্য প্রত্যেক গ্যাসের ৫ ঘন সেন্টিমিটার একই উষ্ণতায় ও চাপে লইতে হইবে।

গে-লুসাক নিজেই পরে এই সিদ্ধান্তের বিরোধিতা করেন এবং উহার ত্রুটি বাহির করিয়া দেন। পরীক্ষায় জানা গিয়াছে, এক ঘনায়তন হাইড্রোজেন এবং এক ঘনায়তন ক্লোরিন সংযোগে দুই ঘনায়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয় ; অর্থাৎ

২ ঘনায়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ≡ ১ ঘনায়তন হাইড্রোজেন + ১ ঘনায়তন ক্লোরিন।

অথবা, ২ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ≡ ১ ঘন সেন্টি. হাইড্রোজেন + ১ ঘন সেন্টি. ক্লোরিন।

বার্জেলীয়াস-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী যদি মনে করা যায় প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে যে-কোন গ্যাসের পরমাণু সংখ্যা x, তাহা হইলে বলা যাইতে পারে :—

২x পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ≡ x পরমাণু হাইড্রোজেন + x পরমাণু ক্লোরিন।

অথবা, ১ পরমাণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = ½ পরমাণু হাইড্রোজেন + ½ পরমাণু ক্লোরিন।

ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পরমাণুর অস্তিত্ব স্বীকার করিতেই হইবে। দেখা যাইতেছে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পরমাণু গঠনে অর্ধ-পরমাণু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন প্রয়োজন। পরমাণুবাদ অনুযায়ী পরমাণু অবিভাজ্য, সুতরাং ½ পরমাণু হাইড্রোজেন সম্ভব নয়। ইহা স্বীকার করিলে যে পরমাণুতত্ত্বের উপর নির্ভর করিয়া বার্জেলীয়াসের সিদ্ধান্ত করা হইয়াছে সেই পরমাণুবাদকেই অস্বীকার করিতে হয়। অতএব বার্জেলীয়াস-সিদ্ধান্ত নির্ভুল নহে।

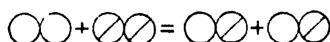
৯.৩। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প (Avogadro's hypothesis) : বার্জেলীয়াস-সিদ্ধান্ত গ্যাসায়তন সূত্রে প্রয়োগ করিতে গিয়া যে সমস্ত অসুবিধার সম্মুখীন হইতে হইয়াছিল, সেগুলি দূর করিতে সমর্থ হইলেন ইতালীয় পদার্থবিদ্ অ্যাভোগাড্রো। ১৮১১ খ্রীষ্টাব্দে অ্যাভোগাড্রো প্রথমে পদার্থের অণুর কল্পনা করেন। তিনি বলেন, পদার্থের ভিতর দুইরকম ক্ষুদ্র কণিকা বর্তমান :

(১) **অণু :** প্রত্যেক পদার্থই—যৌগিক বা মৌলিক—ক্ষুদ্র-ক্ষুদ্র সমধর্মী কণার সমষ্টি। এই কণাগুলির স্বাধীন সত্তা আছে এবং ইহাতে পদার্থের সমস্ত ধর্ম বর্তমান। ইহারা মুক্ত এবং স্বচ্ছন্দ-বিহারী এবং এই সকল সমধর্মী কণাগুলির পরস্পরের মধ্যে কোন যোগ নাই। ক্ষুদ্র কণাগুলিকে **অণু (molecules)** বলা হয়।

(২) **পরমাণু :** রাসায়নিক বিক্রিয়াতে মৌলিক পদার্থে যে ক্ষুদ্রতম অবিভাজ্য কণা অংশ গ্রহণ করিতে পারে তাহাকে **পরমাণু (atoms)** বলা হয়। এই পরমাণু-সমষ্টি হইতেই মৌলিক পদার্থ গঠিত। কিন্তু পরমাণুগুলির স্বাধীন সত্তা নাও থাকিতে পারে। দুই বা ততোধিক পরমাণু একত্র থাকিয়া একটি স্বাধীন-সত্তা-সম্পন্ন অণুর সৃষ্টি করিতে পারে।

উদাহরণ স্বরূপ বলা যাইতে পারে, ডালটন ও তাঁহার সমসাময়িকগণ মনে করিতেন যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস যখন পৃথক পৃথক থাকে তখন উহাদের ভিতর উহাদের নিজ নিজ পরমাণু সকল ইতস্ততঃ ঘুরিয়া বেড়ায় এবং এই দুইটি গ্যাসের যখন মিলন হয়, তখন একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি

ক্লোরিন পরমাণু একত্র হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একটি পরমাণুর সৃষ্টি করে। অ্যাভোগাড্রো বলিলেন, উহা ঠিক নয়। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাসে পরমাণুগুলি একক থাকে না। এই দুইটি গ্যাসেই দুইটি পরমাণু একত্র জুড়িয়া থাকে, এবং এই যুক্ত পরমাণুদ্বয়কে উহাদের অণু বলিতে হইবে। যখন উহাদের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া হয়, তখন একটি করিয়া **পরমাণু** অণু হইতে বাহির হইয়া একত্র হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুর সৃষ্টি করে।



হাইড্রোজেন অণু ক্লোবিন অণু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু

সঙ্কেত সাহায্যে লেখা যায় : $H_2 + Cl_2 = HCl + HCl = 2HCl$.

অতএব, অ্যাভোগাড্রোর মতে সমস্ত মৌলিক পদার্থই পরমাণুর সমষ্টি বটে, তবে সব ক্ষেত্রে পরমাণুগুলি একক থাকে না। অনেক সময়েই একাধিক পরমাণু একত্র হইয়া ছোট ছোট পরমাণুপুঞ্জ সৃষ্টি করে। উহাদিগকে অণু বলে। অণু সর্বদাই একক থাকিতে পারে।

এইভাবে অণুর অস্তিত্ব কল্পনা করিয়া অ্যাভোগাড্রো বার্জেলীয়াস-সিদ্ধান্ত পরিবর্তিত করিয়া বলিলেন :

"নির্দিষ্ট উষ্ণতায় এবং চাপে সম-আয়তন-বিশিষ্ট যে-কোন গ্যাসে অণুর সংখ্যা একই হইবে।" অর্থাৎ, সম-অবস্থায় ১ ঘন সেন্টিমিটাব বাষ্প, অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন বা নাইট্রোজেন প্রভৃতি যে কোন গ্যাসীয় পদার্থে অণুর সংখ্যা একই হইবে (পরমাণুর সংখ্যা নয়)। ইহাকেই **'অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প'** বলে। ইহার সত্যতা বহু রকমে পরীক্ষিত ও নিঃসন্দেহে প্রমাণিত হইয়াছে।

বার্জেলীয়াস-সিদ্ধান্ত যেখানে প্রয়োগ করা সম্ভব হয় নাই, সেখানে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে তাহার সহজ সমাধান হইয়াছে। যেমন :—

২ ঘনায়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = ১ ঘনায়তন হাইড্রোজেন
+ ১ ঘনায়তন ক্লোরিন।

অথবা, ২ ঘন সেন্টি. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড = ১ ঘন সেন্টি. হাইড্রোজেন
+ ১ ঘন সেন্টি. ক্লোরিন।

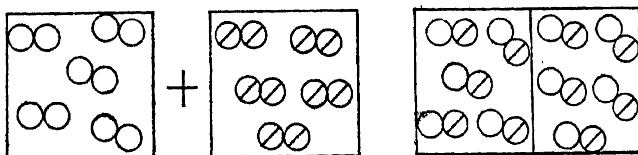
অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে যদি প্রতি ঘন সেন্টিমিটার যে-কোন গ্যাসে x অণু থাকে, তাহা হইলে, ২x হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু = x হাইড্রোজেন অণু + x ক্লোরিন অণু অথবা, ১ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু = $\frac{1}{2}$ হাইড্রোজেন অণু + $\frac{1}{2}$ ক্লোরিন অণু।

পরমাণু অবিভাজ্য, কিন্তু অণু অবিভাজ্য নয়। সুতরাং $\frac{1}{2}$ অণুর অস্তিত্ব সম্ভব। যদি হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন অণুতে যুগ্ম-সংখ্যক পরমাণু থাকে তাহা হইলে তাহাদের $\frac{1}{2}$ অণু হওয়া যুক্তি-বিরুদ্ধ নয়। এইটিই অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের বিশেষত্ব। এইভাবে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে গ্যাসায়তন সূত্রেরও সমর্থন পাওয়া যায়।

চিত্রের সাহায্যে প্রকল্পটি আরও সহজে বুঝা যাইতে পারে। নিম্নের চিত্রের প্রতিটি বর্গক্ষেত্রে যদি সম-আয়তন গ্যাস থাকে, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসারে উহাতে সমান-সংখ্যক অণুও থাকিবে। এক ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন ক্লোরিন মিলিয়া দুই ঘনায়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হয়। মনে কর,

○ —হাইড্রোজেন পরমাণু।
○○ —হাইড্রোজেন অণু।
⊘ —ক্লোরিনের পরমাণু।
⊘⊘ —ক্লোরিনের অণু।
○⊘ —হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণু।

অতএব,



১ ঘনায়তন হাইড্রোজেন + ১ ঘনায়তন ক্লোরিন = ২ ঘনায়তন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

৯-৪। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ও গ্যাসায়তন সূত্র: এই প্রকল্পটি হইতে অতি সহজেই গ্যাসায়তন সূত্রটি অনুমান করা সম্ভব। মনে কর 'ক' এবং 'খ' নামক দুইটি গ্যাসের যথাক্রমে 'a' এবং 'b' সংখ্যক অণু মিলিত

হইয়া একটি যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে। 'a' এবং 'b' অবশ্যই পূর্ণ সংখ্যা এবং এই সংখ্যাগুলি সাধারণতঃ ছোট। অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী, যদি মনে করা যায় প্রতি ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসে 'x' অণু বর্তমান, তাহা হইলে

'ক'-এর 'a' অণু 'খ'-এর 'b' অণুর সহিত যুক্ত হয়। অথবা, 'ক'-এর $\frac{a}{x}$ ঘন সেন্টিমিটার, 'খ'-এর $\frac{b}{x}$ ঘন সেন্টিমিটারের সহিত যুক্ত হয়। অথবা, 'ক'-এর 'a' ঘন সেন্টিমিটার 'খ'-এর 'b' ঘন সেন্টিমিটারের সহিত যুক্ত হয়। অর্থাৎ, 'ক' এবং 'খ' আয়তনের a : b অনুপাতে যুক্ত হয়।

a এবং b ছোট ছোট পূর্ণ সংখ্যা, সুতরাং a : b একটি সরল অনুপাত। অতএব, 'ক' এবং 'খ' আয়তনের সরল অনুপাতে মিলিত হইয়া থাকে। ইহাই **গ্যাসায়তন সূত্র।**

৯-৫। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগ: বস্তুর নিত্যতা-বাদ, পরমাণুবাদ প্রভৃতি যে সমস্ত মূল নিয়মের উপর নির্ভর করিয়া রসায়ন-বিজ্ঞান গড়িয়া উঠিয়াছে, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প তাহাদের মধ্যে অন্যতম। বস্তুতঃ, এই প্রকল্পটির দান অসামান্য এবং অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প ব্যতিরেকে রসায়ন-বিজ্ঞান বর্তমানের এই উন্নত অবস্থায় কখনই পৌঁছিতে পারিত না।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পটির প্রয়োগ দ্বারা কতকগুলি বিশেষ প্রয়োজনীয় অনুসিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া গিয়াছে। সেইগুলি আমরা এখানে আলোচনা করিব।

(১) **হাইড্রোজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক:** $\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন এবং $\frac{1}{2}$ অণু ক্লোরিন সংযোগে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণু গঠিত, ইহা আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি, (পৃ ৭৭)। অণুসকল পরমাণুর সমষ্টি। হাইড্রোজেন অণুতে একাধিক পরমাণু না থাকিলে $\frac{1}{2}$ অণু সংযুক্ত হইতে পারে না, এবং যেহেতু পরমাণুগুলি অবিভাজ্য, সুতরাং হাইড্রোজেন অণুতে জোড়-সংখ্যক পরমাণু (২, ৪, ৬, ৮...) থাকিতেই হইবে, নতুবা অণুকে দুই ভাগ করা সম্ভব নয়। ইহা হইতে স্পষ্টই বুঝা যায়; হাইড্রোজেন অণুতে ন্যূনপক্ষে দুইটি পরমাণু থাকিবেই। এই একই কারণে ক্লোরিনের অণুতেও অন্ততঃ দুইটি পরমাণু থাকিবে।

অ্যাসিড মাত্রেই হাইড্রোজেন থাকে। অ্যাসিডের অণুর হাইড্রোজেনকে অন্যান্য ধাতুর পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপন (replacement) করা সম্ভব। যদি সোডিয়াম ধাতুর পরমাণু দ্বারা অ্যাসিডের অণুর হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি প্রতিস্থাপিত হয়, তবে অ্যাসিডের অণুতে যতগুলি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে, ততগুলি বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন হয়। যেমন, সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, উহা হইতে সোডিয়ামের সাহায্যে দুইটি নূতন পদার্থ (লবণ) পাওয়া যায়। সেইরকম ফসফরিক অ্যাসিডের অণুতে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। উহা হইতে তিনটি পদার্থ পাওয়া সম্ভব।



$H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4, Na_2SO_4.$



$H_3PO_4 \longrightarrow NaH_2PO_4, Na_2HPO_4, Na_3PO_4.$

সেই রকম ভাবে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে সোডিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপন করিলে কখনও একটির বেশী পদার্থ পাওয়া যায় না। অতএব, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু আছে মনে করা অযৌক্তিক নয়।

$\frac{1}{2}$ অণু হাইড্রোজেন হইতে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু পাওয়া যায়। আবার একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণুতে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে। অতএব, হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$ অণু ≡ ১টি পরমাণু,

∴ " ১ অণু ≡ ২টি পরমাণু।

সুতরাং, হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক।

পদার্থবিদ্‌গণ হাইড্রোজেনের আপেক্ষিক তাপ (Specific heat, $\gamma = 1{\cdot}44$) নির্ণয় করিয়া এবং ভর-বর্ণালীর (Mass spectrograph) পরীক্ষার সাহায্যে হাইড্রোজেন অণুর দ্বি-পরমাণুকত্ব নিশ্চিত রূপে প্রমাণ করিয়াছেন।

সাধারণ অবস্থায় গ্যাসীয় মৌলগুলি প্রায়ই দ্বি-পরমাণুক ; যেমন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ইত্যাদি।

(২) পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার গ্যাসীয় অবস্থার ঘনত্বের

পদার্থের আণবিক গুরুত্ব বলিতে সেই পদার্থের একটি অণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা কতগুণ ভারী তাহা বুঝায় (পৃঃ ৭২)। সচরাচর

পদার্থটি যে অবস্থাতেই থাকুক—কঠিন, তরল বা গ্যাসীয়—উহার আণবিক গুরুত্ব একই হইবে।

কোন গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব বলিতে একই চাপে ও উষ্ণতায় উহার সম-আয়তন হাইড্রোজেন হইতে কতগুণ ভারী তাহাই বুঝা যায় (পৃঃ ৭০)। সুতরাং

$$\text{গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব} = \frac{a \text{ ঘন সেন্টিমিটার গ্যাসের ওজন}}{a \text{ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুসারে *a* ঘন সেন্টিমিটার কোন গ্যাস ও হাইড্রোজেনে সম-অবস্থায় একই-সংখ্যক অণু থাকিবে এবং সেই সংখ্যাটি যদি *n* হয় তাহা হইলে গ্যাসীয় পদার্থের ঘনত্ব

$$D = \frac{\text{গ্যাসের } n \text{ অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের } n \text{ অণুর ওজন}} = \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ২টি পরমাণুর ওজন}} \quad [\because \text{ হাইড্রোজেন অণু দ্বি-পরমাণুক}]$$

$$= \frac{১}{২} \times \frac{\text{গ্যাসের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

$$= \frac{১}{২} \times \text{গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব।}$$

অর্থাৎ, M যদি পদার্থের আণবিক গুরুত্ব হয়, তাহা হইলে $D = \frac{১}{২}M$

অথবা, $M = ২D$.

যেমন, কোহল তরল পদার্থ; বাষ্পীয় অবস্থায় উহার ঘনত্ব = ২৩। সুতরাং আণবিক গুরুত্ব = ২ × ২৩ = ৪৬।

(৩) **নির্দিষ্ট উষ্ণতা এবং চাপে এক গ্রাম-অণু পরিমাণ যে-কোন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় আয়তন একই হইবে।** প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে সেই আয়তনের পরিমাণ প্রায় ২২·৪ লিটার।

পদার্থের আণবিক গুরুত্ব যত, তত গ্রাম ওজনের পদার্থকে উহার গ্রাম-অণু বলা হয়। যেমন জলের আণবিক গুরুত্ব ১৮, অতএব এক গ্রাম-অণু জল বলিলে ১৮ গ্রাম জল বুঝাইবে।

(ক) পারমাণবিক গুরুত্বের পরিমাপে হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর গুরুত্বকে মোটামুটি 'এক' ধরা হইয়াছে। হাইড্রোজেন অণুটি দ্বি-পরমাণুক, অর্থাৎ উহাতে দুইটি পরমাণু বর্তমান। সুতরাং

হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব = ২।

যদি একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত ওজন w গ্রাম হয়, তবে একটি হাইড্রোজেন অণুর ওজন = ২w গ্রাম।

অতএব, ১ গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন অণুর সংখ্যা হইবে $= \frac{\text{২ গ্রাম}}{\text{২w গ্রাম}} = \frac{১}{w}$।

(খ) অ্যামোনিয়া গ্যাসের ঘনত্ব দেখা গিয়াছে = ৮·৫।

অতএব, অ্যামোনিয়ার আণবিক গুরুত্ব = ২ × ৮·৫ = ১৭।

অর্থাৎ, অ্যামোনিয়ার একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা ১৭ গুণ ভারী।

অতএব, অ্যামোনিয়ার একটি অণুর প্রকৃত ওজন = ১৭w গ্রাম।

∴ এক গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়াতে অণুর সংখ্যা হইবে $= \frac{\text{১৭ গ্রাম}}{\text{১৭w গ্রাম}} = \frac{১}{w}$।

(গ) কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব = ২২।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব = ২ × ২২ = ৪৪।

অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু অপেক্ষা ৪৪ গুণ ভারী।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের একটি অণুর ওজন = ৪৪w গ্রাম

অতএব, এক গ্রাম-অণু কার্বন ডাই-অক্সাইডে অণুর সংখ্যা হইবে

$$= \frac{\text{৪৪ গ্রাম}}{\text{৪৪w গ্রাম}} = \frac{১}{w}।$$

দেখা যাইতেছে যে যে-কোন পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে, অণুর সংখ্যা একই হইবে। এক গ্রাম-অণুর ভিতরে যত-সংখ্যক অণু আছে তাহাকে **অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা (Avogadro's number)** বলে। এই সংখ্যার পরিমাণ, ৬×১০^{২৩}।

যেহেতু যে-কোন রকম পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে একই সংখ্যক অণু আছে, উহাদের আয়তনও অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী একই হইবে। অতএব, আমরা বলিতে পারি, নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে যে-কোন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় এক গ্রাম-অণুর আয়তন একই হইবে।

(ক) এখন, হাইড্রোজেনের এক গ্রাম-অণু = ২ গ্রাম

হাইড্রোজেনের প্রমাণ ঘনত্ব = ·০০০০৯ গ্রাম (প্রতি ঘন. সেন্টিমিটার)

∴ প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু হাইড্রোজেনের আয়তন

$$= \frac{২}{\cdot ০০০০৯} \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

$$= ২২২২২ \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

$$= ২২\cdot২ \text{ লিটার}$$

(খ) অ্যামোনিয়ার এক গ্রাম-অণু = ১৭ গ্রাম ; উহার ঘনত্ব = ৮·৫

অতএব, গ্রাম হিসাবে, অ্যামোনিয়ার প্রমাণ ঘনত্ব = ৮·৫ × ·০০০০৯ গ্রাম

∴ প্রমাণ অবস্থায় এক গ্রাম-অণু অ্যামোনিয়ার আয়তন

$$= \frac{১৭}{৮\cdot৫ \times \cdot০০০০৯} = \frac{২}{\cdot০০০০৯} = ২২\cdot২ \text{ লিটার।}$$

(গ) জলের এক গ্রাম-অণু = ১৮ গ্রাম ; জলীয় বাষ্পের ঘনত্ব = ৯

অতএব, গ্রাম হিসাবে বাষ্পের প্রমাণ ঘনত্ব = ৯ × ·০০০০৯ গ্রাম।

∴ প্রমাণ অবস্থায়, এক গ্রাম-অণু জলীয় বাষ্পের আয়তন

$$= \frac{১৮}{৯ \times \cdot০০০০৯} = \frac{২}{\cdot০০০০৯} = ২২\cdot২ \text{ লিটার।}$$

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম-অণুর আয়তন হইবে ২২·২ লিটার।

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব ১ না ধরিয়া যদি অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব ১৬ ধরিয়া হিসাব করা যায়, তবে গ্রাম-অণুর আয়তন ২২·২ লিটারের পরিবর্তে ২২·৪ লিটার হইবে।

[হাইড্রোজেন = ১, অক্সিজেন = ১৫·৮৮,

$$\text{অক্সিজেন} = ১৬, \quad \text{হাইড্রোজেন} = \frac{১৬}{১৫\cdot৮৮} = ১\cdot০০৮$$

$$\text{অতএব, গ্রাম-অণুর আয়তন} = \frac{২\cdot০১৬}{\cdot০০০০৯} = ২২\cdot৪ \text{ লিটার}$$]

সুতরাং স্বচ্ছন্দে বলা যাইতে পারে যে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে ২২·৪ লিটার আয়তনবিশিষ্ট যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের ওজন উহার এক গ্রাম-অণুর সমান, এবং সেই সংখ্যাটি পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব হইবে। যেমন, প্রমাণ অবস্থায় ২২·৪ লিটার অক্সিজেনের ওজন ৩২ গ্রাম, অতএব এক গ্রাম-অণু অক্সিজেন = ৩২ গ্রাম, এবং অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব = ৩২।

(৪) **বিভিন্ন গ্যাসের সংযোগে যে সকল পদার্থ উৎপন্ন হয়, আয়তনের অনুপাত হইতে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে উহাদের সঙ্কেত নির্ণয় সম্ভব।** দুই-একটি উদাহরণ হইতে ইহা সহজেই বুঝা যাইবে।

(ক) পরীক্ষা হইতে জানা গিয়াছে—

এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন এবং তিন ঘনায়তন হাইড্রোজেন সংযুক্ত হইয়া দুই ঘনায়তন অ্যামোনিয়া হয়।

প্রতি ঘনায়তন গ্যাসে যদি '*n*'-সংখ্যক অণু থাকে, তাহা হইলে বলা যায় ২n অণু অ্যামোনিয়ার জন্য n অণু নাইট্রোজেন এবং ৩n অণু হাইড্রোজেন প্রয়োজন। অর্থাৎ অ্যামোনিয়ার ১টি অণু≡½ অণু নাইট্রোজেন এবং ³⁄₂ অণু হাইড্রোজেন।

∴ ১টি অ্যামোনিয়া অণু≡১টি নাইট্রোজেন পরমাণু+৩টি হাইড্রোজেন পরমাণু (কারণ, নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন উভয়েই দ্বি-পরমাণুক)।

অতএব, অ্যামোনিয়ার সঙ্কেত, NH_3।

(খ) পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে, ২ ঘনায়তন বাষ্প উৎপাদনে ২ ঘনায়তন হাইড্রোজেন এবং ১ ঘনায়তন অক্সিজেন প্রয়োজন।

প্রতি ঘনায়তন গ্যাসে যদি p-সংখ্যক অণু থাকে, তাহা হইলে,

২p বাষ্পীয় অণু≡২p হাইড্রোজেন অণু+p অক্সিজেন অণু।

অর্থাৎ, ১টি বাষ্পীয় অণু≡১টি হাইড্রোজেন অণু+½ অক্সিজেন অণু

≡২টি হাইড্রোজেন পরমাণু+১টি অক্সিজেন পরমাণু।

∴ জলীয় বাষ্পের সঙ্কেত হইবে, H_2O।

(৫) **পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় :** অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করাও সম্ভব।

মৌলিক পদার্থগুলি একই রকম পরমাণুসমন্বয়ে গঠিত এবং এই পরমাণুগুলি অবিভাজ্য। সুতরাং বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সমন্বয়ে যখন যৌগিক পদার্থ রচিত হয় তখন কোন মৌলিক পদার্থেরই একটির চেয়ে কম পরমাণু উহাতে থাকিতে পারে না। এই সত্যের উপর নির্ভর করিয়া ক্যানিজারো মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করেন। ইহার জন্য নিম্নলিখিত পরীক্ষা প্রয়োজন।

(ক) যে মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব জানা প্রয়োজন, উহার কতকগুলি যৌগিক পদার্থ লইতে হইবে। এই যৌগিক পদার্থগুলি গ্যাস অথবা উদ্বায়ী বস্তু হওয়া চাই। প্রত্যেকটি পদার্থের গ্যাসীয় ঘনত্ব বাহির করিয়া উহা হইতে পদার্থগুলির আণবিক গুরুত্ব বা গ্রাম-অণু নির্ধারণ করিতে হইবে।

(খ) ঐ সকল যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণ করিয়া উহাদের গ্রাম-অণু পরিমাণ বস্তুতে সেই মৌলিক পদার্থের কতটা আছে, তাহা নির্ণয় করিতে হইবে।

যদি বহুসংখ্যক যৌগিক পদার্থ এইভাবে পরীক্ষা করা যায় তবে অন্ততঃ একটি পদার্থ পাওয়া যাইবে যাহার অণুতে সেই মৌলিক পদার্থের একটিমাত্র পরমাণু বর্তমান। এইরূপ বিশ্লেষণের ফলে সেই মৌলিক পদার্থের যে নিম্নতম পরিমাণ পাওয়া যাইবে, তাহাকেই উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বলা হয়। কারণ, উহার চেয়ে কম পরিমাণ অংশ কোন যৌগিক পদার্থে থাকে না, এবং একটির চেয়ে কম-সংখ্যক পরমাণুও কোন যৌগিক পদার্থে থাকিতে পারে না। উদাহরণ স্বরূপ কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব-নির্ণয় দেখা যাইতে পারে। পরীক্ষা দ্বারা নিম্নলিখিত ফল পাওয়া গিয়াছে ঃ

কার্বনের উদ্বায়ী যৌগিক পদার্থ	ঘনত্ব	আণবিক গুরুত্ব	পদার্থের এক গ্রাম-অণুতে যে পরিমাণ কার্বন আছে
কার্বন মনোক্সাইড	১৪	২৮	১২
কার্বন ডাই-অক্সাইড	২২	৪৪	১২
মিথেন	৮	১৬	১২
ইথেন	১৫	৩০	২৪
অ্যাসিটিলিন	১৩	২৬	২৪
বেনজিন	৩৯	৭৮	৭২
ইথর	৩৭	৭৪	৪৮

অতএব দেখা যায়, কার্বনের যে-কোন যৌগিক পদার্থের আণবিক গুরুত্বে ১২ ভাগ অথবা উহার কোন সরল গুণাঙ্ক ভাগ কার্বন থাকে। এমন কোনও কার্বনের যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায় না যাহার এক গ্রাম-অণুতে ১২ ভাগের চেয়ে কম কার্বন আছে। কোনও যৌগিক পদার্থে একটি পরমাণুর চেয়ে কম কার্বন থাকিতে পারে না। অতএব কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব ১২ হইবে।

দশম অধ্যায়

আণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

পদার্থের আণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ করার নানারকম উপায় আছে। বিভিন্ন বস্তুর আণবিক গুরুত্ব স্থির করার জন্য ভিন্ন ভিন্ন উপায় অবলম্বন করা হইয়াছে। গ্যাসীয় পদার্থ এবং উদ্বায়ী পদার্থের আণবিক গুরুত্ব সাধারণতঃ উহাদের বাষ্পীয় অবস্থার ঘনত্ব বাহির করিয়া, তাহা হইতে নির্ণয় করা হইয়া থাকে। অতএব, বাষ্পীয় অবস্থার ঘনত্ব অর্থাৎ বাষ্প-ঘনত্ব নির্ধারণ করাই প্রথম প্রয়োজন। এই সম্পর্কে গ্রেহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্রটি প্রয়োগ করা যাইতে পারে।

গ্রেহামের গ্যাস-ব্যাপন সূত্র (Graham's Law of Gaseous Diffusion): ব্যাপন গ্যাস মাত্রেরই স্বাভাবিক ধর্ম। ঘরের এক কোণে যদি একটু ক্লোরিন গ্যাস ছাড়িয়া দেওয়া হয়, অল্পক্ষণের ভিতরেই উহা ঘরের বাতাসের সঙ্গে সমানভাবে মিশিয়া যাইবে এবং ঘরের সর্বত্র ক্লোরিনের অনুপাত একই দেখা যাইবে। ইহাকে গ্যাসের **ব্যাপন বা ব্যাপ্তি (Diffusion)** বলা হয়।

আবার, অনেক সময় দেখা যায়, পাত্রের ভিতর কোন গ্যাস বন্ধ করিয়া রাখিলেও, উহা পাত্রটির প্রাচীরের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে বাহির হইয়া আসে। যেমন, একটি রবারের বেলুনে হাইড্রোজেন রাখিলে কিছুক্ষণ পরে দেখা যায় যে উহা হইতে হাইড্রোজেন প্রায় বাহির হইয়া গিয়াছে। যে পাত্রে গ্যাস রাখা হয় তাহার প্রাচীর কঠিন পদার্থে তৈয়ারী। পদার্থ-মাত্রেই **সচ্ছিদ্রতা (Porosity)** বর্তমান। প্রাচীরের মধ্যে অণুগুলি ঠিক গায়ে গায়ে সংলগ্ন নহে, উহাদের মধ্যে **ব্যবধান** বা **অবকাশ (intermolecular space)** আছে। এই অবকাশের ভিতর দিয়া আস্তে আস্তে গ্যাসের অণুগুলি চলাচল করিতে পারে। সমস্ত পদার্থের সচ্ছিদ্রতা একরকম নয়, সুতরাং সকল রকম প্রাচীরের ভিতর দিয়া গ্যাসের এক রকম ভাবে যাতায়াত সম্ভব নয়। বেলুন হইতে খুব সহজে হাইড্রোজেন বাহির হইয়া আসে বটে, কিন্তু একটি

তামার বাল্‌বের ভিতর হাইড্রোজেন পুরিয়া রাখিলে তাহা আদৌ বাহির হইবে না।

যে-কোন একটি নির্দিষ্ট সচ্ছিদ্র প্রাচীরের ভিতর দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে যতটুকু গ্যাস নির্গত হয় তাহাকে সেই গ্যাসের **ব্যাপন-বেগ (velocity of diffusion)** বলা যাইতে পারে। যদি t সেকেণ্ডে একটি নির্দিষ্ট প্রাচীরের ভিতর দিয়া v ঘন সেন্টিমিটার একটি গ্যাস বাহিরে আসে, তাহা হইলে প্রতি সেকেণ্ডে সেই গ্যাসের ব্যাপন-বেগ হইবে $= \frac{v}{t}$ ঘন সেন্টিমিটার। বলা বাহুল্য, গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতার উপর এই বেগ নির্ভর করে। গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতা যত বৃদ্ধি পাইবে, ব্যাপন-বেগও তত বেশী হইবে।

আবার, একই উষ্ণতা ও চাপে একটি নির্দিষ্ট প্রাচীরের ভিতর দিয়া বিভিন্ন গ্যাস প্রতি সেকেণ্ডে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণে নির্গত হয়। গ্যাসের ঘনত্বের উপর উহার ব্যাপন-বেগ নির্ভর করে। যে গ্যাস যত বেশী ভারী, উহার ব্যাপন-বেগ তত কম। গ্রেহাম প্রথমে পরীক্ষার সাহায্যে ইহা প্রমাণ করেন এবং এই বিষয়ে একটি সূত্র আবিষ্কার করেন। **"নির্দিষ্ট চাপ এবং উষ্ণতায় কোন গ্যাসের ব্যাপন-বেগ উহার ঘনত্বের বর্গমূলের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।"**

গ্যাসের ঘনত্ব যদি d হয় এবং ব্যাপন-বেগ R হয়, তাহা হইলে

$$R \propto \frac{1}{\sqrt{d}}; \quad \text{অথবা,} \quad R = \frac{k}{\sqrt{d}} \quad [\, k, \text{ নিত্য-সংখ্যা} \,]$$

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ও চাপে একই প্রাচীরের ভিতর দিয়া দুইটি গ্যাসের ব্যাপন-বেগ বিচার করিলে,

$$R_1 = \frac{k}{\sqrt{d_1}}; \qquad R_2 = \frac{k}{\sqrt{d_2}}.$$

$$\text{অথবা,} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}}.$$

ইহাকেই **গ্রেহামের ব্যাপন-সূত্র** বলে।

যেহেতু আণবিক গুরুত্ব ঘনত্বের দ্বিগুণ, পদার্থ দুইটির আণবিক গুরুত্ব যদি M_1 এবং M_2 হয়, তাহা হইলে,

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} = \sqrt{\frac{M_2/2}{M_1/2}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}.$$

পরীক্ষা দ্বারা যদি ব্যাপন-বেগ R_1 এবং R_2 স্থির করা যায় এবং একটি গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব (M_1) যদি জানা থাকে, তাহা হইলে এই সমীকরণের সাহায্যে অপর গ্যাসটির আণবিক গুরুত্ব খুব সহজেই বাহির করা যায়।

দুইটি গ্যাসের একই আয়তন পরিমাণ গ্যাস (V ঘন সেন্টিমিটার) যদি একই নির্দিষ্ট প্রাচীরের ভিতর দিয়া একই অবস্থায় বাহির হইয়া আসিতে t_1 এবং t_2 সেকেণ্ড সময় লাগে—তাহা হইলে উহাদের ব্যাপন-গতি হইবে

$$R_1 = \frac{V}{t_1}\ ;\ R_2 = \frac{V}{t_2} \qquad \text{এবং} \quad \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

$$\text{অথবা,} \quad \frac{V/t_1}{V/t_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \qquad \text{অথবা,} \quad \frac{t_2}{t_1} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

উদাহরণ ঃ একই আয়তন-পরিমাণ হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন গ্যাস একটি সছিদ্র প্রাচীরের ভিতর দিয়া বাহিরে আসিতে যথাক্রমে ১৬ সেকেণ্ড এবং ৬৪ সেকেণ্ড সময় লাগে। অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব কত হইবে ?

মনে কর, হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনের আয়তন ছিল v ঘন সেন্টিমিটার।

অতএব, হাইড্রোজেনের ব্যাপন-বেগ $= \frac{v}{১৬} = \frac{k}{\sqrt{D_H}}$

এবং অক্সিজেনের ব্যাপন-বেগ $= \frac{v}{৬৪} = \frac{k}{\sqrt{D_O}}$

[D_H এবং D_O হাইড্রোজেনের এবং অক্সিজেনের ঘনত্ব]

অথবা, $\frac{৬৪}{১৬} = \frac{\sqrt{D_O}}{\sqrt{D_H}}$

অর্থাৎ $\sqrt{D_O} = \frac{৬৪}{১৬} \times \sqrt{D_H} = ৪ \times ১ = ৪$

$\therefore$ $D_O = ১৬$; অক্সিজেনের ঘনত্ব $= ১৬$

অতএব অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব $= ২ \times ১৬ = ৩২$।

উদাহরণ ঃ কোন একটি পাত্রের ভিতর হইতে ৫০০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন যদি ২০ সেকেণ্ডে বাহির হইতে পারে, তাহা হইলে সেই পাত্র হইতে একই অবস্থায় ২৭০ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড কতক্ষণে বাহির হইয়া আসিবে ?

আমরা জানি, অক্সিজেনের ঘনত্ব $= \frac{৩২}{২} = ১৬$

এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব $= \frac{৪৪}{২} = ২২$ [$CO_2 = ১২ + ৩২ = ৪৪$]

মনে কর, কার্বন ডাই-অক্সাইড t সেকেণ্ডে বাহির হইয়া আসিবে।

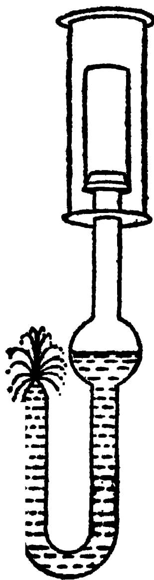
অতএব, $\frac{৫০০}{২০} = \frac{k}{\sqrt{১৬}}$ এবং $\frac{২০০}{t} = \frac{k}{\sqrt{২২}}$

সুতরাং, $\frac{t \times ৫০০}{২০ \times ২০০} = \frac{\sqrt{২২}}{\sqrt{১৬}}$

$\therefore\ t = \frac{\sqrt{২২}}{\sqrt{১৬}} \times \frac{২০ \times ২০০}{৫০০}$ সেকেণ্ড = ৯·৪ সেকেণ্ড।

গ্যাসের ব্যাপন-বেগ যে উহার ঘনত্বের উপর নির্ভর করে তাহা খুব একটি সহজ পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করা সম্ভব।

পরীক্ষা: মাটির অথবা প্রলেপ-বিহীন পর্সেলীনের একটি বীকার লইয়া উহার মুখটি একটি রবারের কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া দাও। উহাকে এখন উল্টাইয়া রাখিয়া রবার-কর্কের ভিতর দিয়া একটি U-নলের বাহু সংযুক্ত করিয়া লও। U-নলের অপর বাহুটি অপেক্ষাকৃত ছোট হওয়া প্রয়োজন (চিত্র ১০খ)। U-নলের ভিতর খানিকটা রঙীন জল ভরিয়া রাখ। এখন বীকারটির ঠিক চারিদিকে আর একটি বড় পাত্র রাখিয়া উহার ভিতর হাইড্রোজেন গ্যাস ছাড়িয়া দাও। দেখা যাইবে, U-নলের ভিতর হইতে রঙীন জল বাহির হইয়া আসিতেছে। কারণ পর্সেলীনের বীকারের ভিতর বায়ু আছে এবং বাহিরে হাইড্রোজেন আছে। হাইড্রোজেন অনেক লঘু বলিয়া অতি সহজে ভিতরে প্রবেশ করে, কিন্তু বাতাস ঘনতর বলিয়া অত সহজে বাহিরে আসিতে পারে না। ফলে, ভিতরে গ্যাসের পরিমাণ বাড়িয়া যায়। চাপ-বৃদ্ধির ফলে U-নলের জল বাহির হইয়া আসে। ইহা হইতে স্পষ্টই প্রমাণিত হয় যে গ্যাসের ঘনত্ব বেশী হইলে ব্যাপন-বেগ কম হইবে।



চিত্র—১০খ
গ্যাস-ব্যাপন

অনুশীলনী

১। গ্রেহামের ব্যাপন-বেগ সূত্রটি কি? উহা প্রমাণ করিতে কি পরীক্ষা করা যাইতে পারে? একটি সচ্ছিদ্র পাত্র হইতে ৩০০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন যদি ৫০ সেকেণ্ডে বাহিরে যায়, ৫০০ ঘন সেন্টিমিটার ক্লোরিন কতক্ষণে বাহির হইতে পারিবে?

২। কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং ওজোনের ব্যাপন-বেগের অনুপাত ·২৯ : ·২৭১। ওজোনের ঘনত্ব কত হইবে? কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব = ২২।

৩। ২৪ ঘন সেন্টিমিটার বাতাস একটি প্রাচীরের ভিতর দিয়া আসিতে ১৮ সেকেণ্ড সময় লাগে। ২১ ঘন সেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড সেই প্রাচীরের ভিতর দিয়া আসিতে ১৯.৫ সেকেণ্ড সময় নেয়। বাতাসের ঘনত্ব যদি ১৪.৪ হয়, তবে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব কত হইবে?

৪। আয়তনের শতকরা ২০ ভাগ অক্সিজেন মিশ্রিত 'ওজোন' ১৭৫ সেকেণ্ডে একটি পাত্র হইতে বাহিরে আসে। সেই একই আয়তনের অক্সিজেনের সময় লাগে মাত্র ১৬৮ সেকেণ্ড। ওজোনের ঘনত্ব নির্ণয় কর।

৫। ০.৬২৩ গ্রাম পরিমাণ কোন পদার্থ ভিক্টর মেয়র নল হইতে ১৫° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ৩১.৫ ঘন সেন্টিমিটার বাতাস বাহির করিয়া দেয়। উক্ত উষ্ণতায় বাষ্প-চাপ ১২.৭ মিলিমিটার। পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব কত হইবে? (কলিকাতা বিশ্ব, ১৯১৭)

৬। ০.২ গ্রাম ওজনের কোন তরল পদার্থ ভিক্টর মেয়র নলে বাষ্পীভূত হইয়া ৪০ ঘন সেন্টিমিটার বাতাস ১৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও ৭৬৩ মিলিমিটার চাপে বাহির করিয়া দিল। ১৭° সেন্টিগ্রেডে বাষ্পচাপ ১৩ মিলিমিটার। পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

একাদশ অধ্যায়

যোজ্যতা ও যোজনভার

১১-১। যোজ্যতা (Valency)ঃ বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের নির্দিষ্ট-সংখ্যক পরমাণুর রাসায়নিক সংযোগে যৌগিক পদার্থের অণুর সৃষ্টি হয়। যে-কোন যৌগিক পদার্থের অণুতে উহার বিভিন্ন পরমাণুর সংখ্যাগুলি নির্দিষ্ট।

বিশ্লেষণের ফলে দেখা যায়, বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের যে সকল পরমাণু অপর একটি মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর সহিত পৃথকভাবে যুক্ত হয়, তাহাদের সংখ্যা এক নয়। যেমন, হাইড্রোজেন, ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন, ফসফরাস ইত্যাদি সকলেই অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ভিন্ন ভিন্ন যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে। কিন্তু একটি অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে ঐ সকল মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন-সংখ্যক পরমাণু যুক্ত হয়। যথাঃ—

যৌগ	সঙ্কেত	একটি অক্সিজেন পরমাণুর সঙ্গে মিলিত অপর পরমাণু-সংখ্যা
১। জল	H_2O	২
২। ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড	MgO	১
৩। কার্বন ডাই-অক্সাইড	CO_2	১/২
৪। ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড	P_2O_5	২/৫

অতএব দেখা যায়, ম্যাগনেসিয়াম, হাইড্রোজেন, কার্বন ইত্যাদির পরমাণু-গুলি ভিন্ন ভিন্ন সংখ্যাতে একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হইতে পারে। সেইরূপ হাইড্রোজেনের সহিত রাসায়নিক মিলনেও বিভিন্ন মৌলিক পদার্থ বিভিন্ন সংখ্যাতে যুক্ত হইবে। যথা।—

	যৌগ	সঙ্কেত	বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণু-সংখ্যা
১।	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	HCl	১
২।	জল	H_2O	২
৩।	অ্যামোনিয়া	NH_3	৩
৪।	মিথেন	CH_4	৪
	ইত্যাদি।		

ক্লোরিনের একটি পরমাণু একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়, কিন্তু একটি অক্সিজেন পরমাণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত মিলিত হয়। আবার, নাইট্রোজেন বা কার্বনের এক-একটি পরমাণুর জন্য আরও অধিক-সংখ্যক হাইড্রোজেনের পরমাণু প্রয়োজন। স্পষ্টতঃই বুঝা যায় যে বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হওয়ার ক্ষমতা বিভিন্ন। মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক সংযোগের এই ক্ষমতাকে সাধারণতঃ উঁহাদের **'যোজন-ক্ষমতা'** বা **'যোজ্যতা' (valency)** বলা হয়।

একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত একাধিক অন্য কোন পরমাণু যুক্ত হইয়াছে এমন কোন মৌলিক পদার্থ দেখা যায় না।* অর্থাৎ, অন্য কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণুর সহিত একটির চেয়ে কম হাইড্রোজেন পরমাণু সংযুক্ত হইতে পারে না। এই কারণেই মৌলিক পদার্থগুলির যোজ্যতা হাইড্রোজেনের ভিত্তিতে স্থির করা হয়। মৌলিক পদার্থটির একটি পরমাণুর সহিত যত-সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হয়, তাহাকেই ইহার যোজ্যতা ধরা হয়। জলের অণুতে একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে। সুতরাং, অক্সিজেনের যোজ্যতা দুই অথবা **অক্সিজেন দ্বিযোজী**। একটি নাইট্রোজেন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমন্বয়ে অ্যামোনিয়ার সৃষ্টি করে, অতএব নাইট্রোজেনের যোজ্যতা তিন, বা **নাইট্রোজেন ত্রিযোজী**।

* N_3H—হাইড্রাজয়িক অ্যাসিড একমাত্র ব্যতিক্রম।

কোন মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা বলিতে একটি রাশি বা সংখ্যা বুঝায় এবং সেই সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু উহার একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থের সৃজন করে।

আরগন, হিলিয়াম প্রভৃতি কয়েকটি মৌলিক পদার্থ অন্য কোন পদার্থের সহিত রাসায়নিক সংযোগে অংশ গ্রহণ করে না। ইহাদের কোন যোজন-ক্ষমতা নাই; অর্থাৎ, ইহারা **শূন্যযোজী।** অন্যান্য মৌলিক পদার্থগুলির যোজ্যতা এক হইতে আট পর্যন্ত হইতে পারে। যেমন ঃ—

একযোজী—হাইড্রোজেন, ক্লোরিন।
দ্বিযোজী—ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, অক্সিজেন।
ত্রিযোজী—নাইট্রোজেন, বোরন, অ্যালুমিনিয়াম।
চতুর্যোজী—কার্বন, সিলিকন।
পঞ্চযোজী—ফসফরাস, আর্সেনিক।
ষড়্‌যোজী—ক্রোমিয়াম, সেলিনিয়াম।
সপ্তযোজী—ম্যাঙ্গানিজ।
অষ্টযোজী—অসমিয়াম········· ইত্যাদি।

কোন কোন মৌলিক পদার্থ প্রত্যক্ষভাবে হাইড্রোজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হয় না, যেমন জিঙ্ক, কপার ইত্যাদি। ইহাদের যোজ্যতা অন্য কোন যৌগিক পদার্থ হইতে ইহারা যতটা হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করিতে পারে তদ্দ্বারা নিরূপিত হয়। যেমন সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে জিঙ্কের একটি পরমাণু অ্যাসিড হইতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপিত করে। অতএব জিঙ্কের যোজ্যতা দুই অর্থাৎ জিঙ্ক দ্বিযোজী।



$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

এমন মৌলিক পদার্থও আছে যাহাদের হাইড্রোজেনের সঙ্গে প্রত্যক্ষ সংযোগ সম্ভব নয় এবং কোন যৌগিক পদার্থ হইতে হাইড্রোজেনকে উহারা প্রতিস্থাপন করিতেও সক্ষম নয়। এই সকল ক্ষেত্রে ইহাদের যোজ্যতা অন্য কোন মৌলিক পদার্থের সহিত সংযোগ হইতে নিরূপণ করা হয়। গোল্ড (স্বর্ণ, Au) সোজাসুজি হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় না। কিন্তু উহার একটি পরমাণু তিনটি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত মিলিয়া গোল্ড ক্লোরাইড ($AuCl_3$) সৃষ্টি করে। ক্লোরিনের যোজ্যতা এক; অতএব, তিনটি ক্লোরিন পরমাণু তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে। অতএব, গোল্ডের যদি হাইড্রোজেনের সহিত মিলন সম্ভব হইত, তবে উহার একটি পরমাণু তিনটি

হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইত। সুতরাং গোল্ডের যোজ্যতা তিন

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সোডিয়াম, ক্লোরিন প্রভৃতি বহু মৌলিক পদার্থেরই যোজ্যতা নির্দিষ্ট, কিন্তু আবার এমন অনেক মৌলিক পদার্থ আছে যাহাদের একাধিক যোজ্যতা বা যোজন-ক্ষমতা থাকিতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, নাইট্রোজেন, ফসফরাস, আয়রন, কপার ইত্যাদির নাম করা যাইতে পারে। ইহাদের যোজ্যতা ভিন্ন ভিন্ন ক্ষেত্রে বিভিন্ন হইতে পারে অর্থাৎ ইহাদের যোজন-ক্ষমতা পরিবর্তনশীল (variable valency)। যেমন :—

নাইট্রোজেনের যোজ্যতা তিন বা পাঁচ উভয়ই হইতে পারে :—



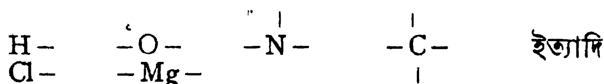
NH_3 (৩), N_2O_5 (৫)

আবার, লৌহের যোজ্যতা দুই বা তিন হওয়া সম্ভব :—



$FeCl_2$ (২), $FeCl_3$ (৩)

১১-২। সংযুতি-সঙ্কেত (Structural formula) : সহজে বুঝিবার জন্য মৌলিক পদার্থের যোজ্যতাকে সাধারণতঃ পরমাণুর পাশে ছোট ছোট লাইন বা রেখা দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যাহার যত যোজ্যতা, সেই পরমাণুর পাশে ততটা রেখা থাকিবে। এই রেখাগুলিকে আমরা উহার **যোজক** বা **বাহু (Bonds)** বলিতে পারি। যেমন :—



(বস্তুতঃ পরমাণুগুলির কোন বাহু থাকিতে পারে না, ইহা আমাদের কল্পনা মাত্র)।

রাসায়নিক মিলনের সময় পরস্পরের এই বাহুগুলি সম্মিলিত হয় এবং এই মিলনের সময় উহারা দুইটি নিয়ম মানিয়া থাকে।

(ক) কোন পরমাণুর একটি বাহু অপর কোন পরমাণুর একটিমাত্র বাহুর সহিত সংযুক্ত হইতে পারে। একটি বাহুর সঙ্গে অন্য পরমাণুর একাধিক বাহু মিলিত হওয়া সম্ভব নহে।

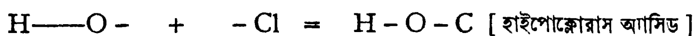
(খ) যৌগিক অণুর গঠনকালে, উহার সমস্ত পরমাণুর সকল বাহুকেই পরস্পরের সহিত যুক্ত থাকিতে হইবে। কোন পরমাণুর কোন বাহুই সাধারণতঃ মুক্ত অবস্থায় (free state) থাকিতে পারিবে না।

যেমন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগকালে যদি একটিমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণু একটি অক্সিজেনের পরমাণুর সঙ্গে মিলিত থাকে, তাহা হইলে অক্সিজেনের একটি বাহু মুক্ত থাকিবে। ইহা সম্ভব নয়।



অক্সিজেনের অপর বাহুটি অন্য পরমাণুর একটি বাহু দ্বারা যুক্ত হইতে হইবে। যদি আর একটি হাইড্রোজেন পরমাণু আসিয়া ইহাকে পূর্ণ করে, তবে জলের অণু গঠিত হইবে। অথবা যদি ক্লোরিনের একটি পরমাণু দ্বারা উহা যুক্ত হয় তবে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড হইবে।

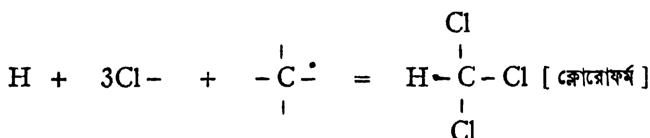


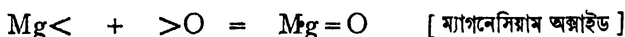


এইভাবে বিভিন্ন বস্তুর অণুর গঠন প্রকাশ করা সম্ভব।

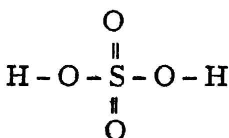








যোজ্যতার সাহায্যে অণুর সঙ্কেত এই রকম ভাবে প্রকাশ করিলে উহার আভ্যন্তরিক গঠন জানা সম্ভব। এইরকম সঙ্কেতকে **সংযুতি-সঙ্কেত (Structural formulae)** বলা হয়। যেমন :—

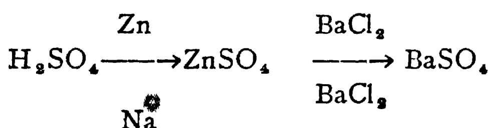




সালফিউরিক অ্যাসিড সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড

হাইড্রোজেন একযোজী, উহার একটি যোজক বা বাহু আছে। অন্য যে-কোন পরমাণুর এক বা একাধিক বাহু থাকে। কোন একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হওয়ার সময় উহার যতটা যোজক উহা ততটা হাইড্রোজেন পরমাণু গ্রহণ করিবে এবং এই হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যাদ্বারা সেই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা স্থির হইবে। যেহেতু হাইড্রোজেন পরমাণু অবিভাজ্য, যত হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত হইবে তাহা একটি পূর্ণ সংখ্যা হইতেই হইবে। অতএব কোন মৌলিক পদার্থের যোজ্যতাই ১, ২, ৩, ৪…… ইত্যাদি পূর্ণ সংখ্যা ছাড়া হইতে পারে না।

১১-৩। যৌগমূলক (Radical): অনেক সময় দেখা যায় যৌগিক পদার্থের অণুর ভিতর কতকগুলি পরমাণু একত্র সঙ্ঘবদ্ধ হইয়া থাকে। সেই যৌগিক পদার্থটি যখন রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে অন্য কোন পদার্থে পরিণত হয় তখন সেই দলবদ্ধ পরমাণুপুঞ্জ অবিকৃত অবস্থায় নূতন পদার্থের অণুতে আসিয়া স্থান লয়। যেমন,



$$H_2SO_4 \xrightarrow{Zn} ZnSO_4 \xrightarrow{BaCl_2} BaSO_4$$

$$\xrightarrow{BaCl_2}$$

অথবা, $H_2CO_3 \xrightarrow{Na} Na_2CO_3 \longrightarrow BaCO_3$ ইত্যাদি।

এই সকল পদার্থে SO_4 বা CO_3 এই পরমাণুগোষ্ঠী একটি অণু হইতে অপর অণুতে অপরিবর্তিত অবস্থায় চলিয়া যায়।

NH_4Cl, NH_4Br, NH_4NO_3, NH_4NO_2, $(NH_4)_2SO_4$ প্রভৃতি সম্পূর্ণ বিভিন্ন পদার্থ এবং স্বভাবতঃই উহাদের অণুগুলিও বিভিন্ন হইবে, কিন্তু প্রতিটি অণুতেই 'NH_4' এই পরমাণুদল বর্তমান।

SO_4, CO_3, NH_4 ইত্যাদি এই সকল পরমাণু-সমবায়ের কোন পৃথক অস্তিত্ব নাই। কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়াতে ইহারা মৌলিক পদার্থের পরমাণুর মত ব্যবহার করে। যেমন,



NH_4NO_3, NH_4Cl, $(NH_4)_2SO_4$

এবং KNO_3, KCl, K_2SO_4 ইত্যাদি।

এইরকম পরমাণুদলকে **'যৌগিক মূলক'** **(Radical)** বা যৌগ-মূলক বলা হয়। দেখা যাইতেছে 'SO_4' যৌগমূলক দুইটি হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত থাকিয়া

সালফিউরিক অ্যাসিড সৃষ্টি করে (H_2SO_4)। তাহা হইলে 'SO_4' মূলকের যোজ্যতা দুই। প্রত্যেক মূলকেরই পরমাণুর মত যোজ্যতা আছে। নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল।

নাম	মূলক	যোজ্যতা	নাম	মূলক	যোজ্যতা
অ্যামোনিয়াম	NH_4	১	ফসফেট	PO_4	
কার্বনেট	CO_3	২	নাইট্রাইট	NO_2	
নাইট্রেট	NO_3	১	হাইড্রক্সিল	OH	
সালফেট	SO_4	২	বোরেট	BO_3	

১১-৩। যোজ্যতা ও সংকেত ঃ যৌগিক পদার্থের অণুতে বিভিন্ন পরমাণু কি কি সংখ্যায় থাকিবে তাহা উহাদের যোজ্যতার উপর নির্ভর করে। যোজ্যতা জানা থাকিলে দুইরকম বিভিন্ন পরমাণু কি অনুপাতে যুক্ত হইবে তাহা সহজেই বাহির করা যায়। মনে রাখিতে হইবে, পরমাণুগুলির সংযুতির সময় উহাদের সমস্ত যোজকগুলিই সম্মিলিত হইতে হইবে। মনে কর, 'ক' মৌলের n_1-সংখ্যক পরমাণু, 'খ' মৌলের n_2-সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে।

'ক'এর পরমাণুর যোজ্যতা s_1, 'খ'এর পরমাণুর যোজ্যতা s_2।

∴ 'ক'এর পরমাণুর মোট যোজ্যতা $= n_1 \times s_1$

'খ'এর পরমাণুর মোট যোজ্যতা $= n_2 \times s_2$

যেহেতু, উভয়ের সমস্ত যোজ্যতা পরস্পর যুক্ত হইবে

$$\therefore \quad n_1 s_1 = n_2 s_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{s_2}{s_1}$$

অর্থাৎ যৌগের ভিতর পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত উহাদের যোজ্যতার বিপরীত অনুপাতে হইবে।

অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে অ্যালুমিনিয়াম ও অক্সিজেন আছে। উহাদের যোজ্যতা, Al = ৩, O = ২, অতএব, অ্যালুমিনিয়ামের অক্সাইড-এর সঙ্কেত হইবে Al_2O_3.

সালফেট (SO_4) মূলকের যোজ্যতা ২, ক্রোমিয়ামের যোজ্যতা ৩, সুতরাং ক্রোমিয়াম সালফেটের সঙ্কেত $Cr_2(SO_4)_3$।

নিম্নে আরও কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল :

নাম	যোজ্যতা	সঙ্কেত
ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড	Ca = ২, Cl = ১	$CaCl_2$
পটাসিয়াম আয়োডাইড	K = ১, I = ১	KI

নাম	যোজ্যতা	সঙ্কেত
কপার নাইট্রেট	Cu=২, NO_3=১	$Cu(NO_3)_2$
জিঙ্ক ফসফেট	Zn=২, PO_4=৩	$Zn_3(PO_4)_2$
অ্যামোনিয়াম কার্বনেট	NH_4=১, CO_3=২	$(NH_4)_2CO_3$
বেরিয়াম কার্বনেট	Ba=২, CO_3=২	$BaCO_3$ *
মারকিউরিক অক্সাইড	Hg=২, O=২	HgO *

১১-৫। যোজনভার বা তুল্যাঙ্কভার (Combining weight or Equivalent weight) : বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ বিশ্লেষণের ফলে দেখা যায় যে একভাগ ওজন হাইড্রোজেনের সঙ্গে

৩ ভাগ ওজন কার্বন,
৮ ভাগ ওজন অক্সিজেন,
১৬ ভাগ ওজন সালফার,
২০ ভাগ ওজন ক্যালসিয়াম,
২৩ ভাগ ওজন সোডিয়াম,
৩৫·৫ ভাগ ওজন ক্লোরিন,
অথবা ৮০ ভাগ ওজন ব্রোমিন ইত্যাদি মিলিত হয়।

এই সকল মৌলিক পদার্থ যখন নিজেদের ভিতর সংযোগ সাধন করিবে তখনও উপরোক্ত ওজনের অনুপাতে তাহারা মিলিত হইবে। অর্থাৎ, ওজনের হিসাবে ৩ ভাগ কার্বন ৩৫·৫ ভাগ ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইবে। বস্তুতঃ কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইডে (CCl_4) কার্বন এবং ক্লোরিনের ওজনের অনুপাত ৩ : ৩৫·৫।

অথবা, ২০ ভাগ ক্যালসিয়াম ৮০ ভাগ ব্রোমিনের সঙ্গে যুক্ত হইবে। ক্যালসিয়াম ব্রোমাইডে ($CaBr_2$) উহারা ঠিক এই অনুপাতেই থাকে।

ওজন হিসাবে ৩৫·৫ ভাগ ক্লোরিন বাস্তবিক পক্ষে ৩ ভাগ কার্বন, ৮ ভাগ অক্সিজেন, ১৬ ভাগ সালফার, ২০ ভাগ ক্যালসিয়াম অথবা ২৩ সোডিয়ামের সঙ্গেই যুক্ত হয়।

মৌলিক পদার্থগুলির প্রত্যেকেই ঐ সকল ওজনে এক ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া থাকে। অতএব বলা যাইতে পারে, ২৩ ভাগ ওজনের সোডিয়াম, ৩ ভাগ ওজনের কার্বন, বা ৮০ ভাগ ওজনের ব্রোমিন ইত্যাদির যোজন-ক্ষমতা সমতুল্য। এই কারণে মৌলিক পদার্থের এই

* যোজ্যতার সরল অনুপাত ব্যবহার্য।

সংখ্যাগুলিকে **যোজনভার (Combining weight)** অথবা **তুল্যাঙ্কভার (Equivalent weight)** বলা হয়।

কোন মৌলিক পদার্থের যত পরিমাণ ওজন একভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় উহাকে সেই মৌলিক পদার্থের যোজনভার বা তুল্যাঙ্কভার বলা যাইতে পারে।

আমরা দেখি, ১ গ্রাম হাইড্রোজেন ৮ গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হয়, অথবা ১ পাউণ্ড হাইড্রোজেন ৩ পাউণ্ড কার্বনের সঙ্গে মিলিত হয়। অক্সিজেন ও কার্বনের যোজনভার যথাক্রমে ৮ এবং ৩।

যদি গ্রাম বা পাউণ্ড ইত্যাদিতে না লইয়া হাইড্রোজেনের ওজনকে উহার পারমাণবিক গুরুত্বে (H = ১) প্রকাশ করা যায়, তাহা হইলে অক্সিজেন ও কার্বনের যোজনভারও সেই ৮ এবং ৩ হইবে। পারমাণবিক গুরুত্বের ভিত্তিতে যোজনভার বা তুল্যাঙ্কভার প্রকাশ করিলে উহাকে **তুল্যাঙ্ক গুরুত্ব** বলাই সমীচীন। এই তুল্যাঙ্ক গুরুত্ব (Equivalent or Equivalent weight) একটি সংখ্যা মাত্র, উহার কোন একক থাকিতে পারে না। এই তুল্যাঙ্ক গুরুত্বকে সাধারণতঃ **রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক** অথবা কেবলমাত্র **'তুল্যাঙ্ক'** বলিয়া উল্লেখ করা হয়।

আয়োডিনের তুল্যাঙ্ক ১২৭ অর্থাৎ ১২৭ ভাগ ওজনের আয়োডিন একভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হয়, ওজনের যে-কোন এককই ধরা হউক না কেন।

যখন মৌলিক পদার্থটি সোজাসুজি হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হয় না, তখন উহার যত পরিমাণ ওজন কোন যৌগিক পদার্থ হইতে একভাগ ওজনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে তদ্দ্বারা উহার তুল্যাঙ্ক নিরূপিত হয়। যেমন, ১২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ১ গ্রাম হাইড্রোজেন বহিষ্কৃত করে, অতএব ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক = ১২।

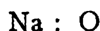
হাইড্রোজেনের বদলে অক্সিজেনের ভিত্তিতে তুল্যাঙ্ক নিরূপণ বর্তমান প্রথা। মৌলিক পদার্থটির যত পরিমাণ ওজন ৮ ভাগ ওজন অক্সিজেনের সহিত মিলিত হয়, উহাই সেই মৌলিক পদার্থটির তুল্যাঙ্ক।

অথবা, কোন মৌলিক পদার্থের যে পরিমাণ ওজন অন্য একটি মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্ক-ভার ওজনের সহিত যুক্ত হয়, উহাকে তাহার তুল্যাঙ্ক বলা

যাইতে পারে। যেমন, ক্লোরিনের তুল্যাঙ্ক ৩৫·৫। দেখা গিয়াছে ৩৫·৫ গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে ১২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম যুক্ত হয়; সুতরাং ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক = ১২।

১১-৬। তুল্যাঙ্ক-অনুপাত সূত্র (Law of Equivalent Proportions): আমরা ইতিপূর্বে দেখিয়াছি দুইটি মৌলিক পদার্থ সর্বদাই তাহাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে যুক্ত হইয়া থাকে। যেমন, ৮ গ্রাম অক্সিজেন ও ১ গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হয়; ৮ এবং ১ যথাক্রমে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্ক।

যখন দুইটি মৌলিক পদার্থ একাধিক যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে পারে তখন উহারা উহাদের তুল্যাঙ্কের কোন সরল গুণিতকের অনুপাতে মিলিত হয়। যেমন, সোডিয়াম (তুল্যাঙ্ক ২৩) এবং অক্সিজেন (তুল্যাঙ্ক ৮) দুইটি যৌগিক পদার্থ উৎপাদন করে—সোডিয়াম মনোক্সাইড (Na_2O) এবং সোডিয়াম পারঅক্সাইড (Na_2O_2)।



সোডিয়াম মনোক্সাইডে উহাদের ওজনের অনুপাত = ২৩ : ৮

সোডিয়াম পারঅক্সাইডে উহাদের ওজনের অনুপাত = ২৩ : ১৬

অতএব, "মৌলিক পদার্থগুলি সংযোগকালে উহাদের নিজ নিজ তুল্যাঙ্ক বা তুল্যাঙ্কের কোন সরল গুণিতকের অনুপাতে মিলিত হয়।" ইহাই **তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র।**

যেহেতু ২৩ এবং ৮ সোডিয়াম ও অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক, অতএব এক ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে ২৩ ভাগ ওজনের সোডিয়াম এবং ৮ ভাগ ওজনের অক্সিজেন পৃথকভাবে যুক্ত হইতে পারে। আবার মিথোনুপাত সূত্র অনুসারে সোডিয়াম ও অক্সিজেন সংযোগকালে এই দুই সংখ্যার অনুপাতে বা তাহাদের সরল গুণিতকের অনুপাতে তাহারা মিলিত হইবে। বস্তুতঃ আমরা তাহাই দেখিয়াছি। সুতরাং মিথোনুপাত সূত্রটি মূলতঃ তুল্যাঙ্ক-অনুপাত সূত্রেরই প্রকারান্তর মাত্র।

১১-৭। তুল্যাঙ্ক ও পারমাণবিক গুরুত্ব (Equivalent and atomic weights): যে-কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের সঙ্গে যৌগপদার্থ সৃষ্টি করিতে এক বা একাধিক পূর্ণসংখ্যক

হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে। 'X' নামক কোন মৌলিক পদার্থের হাইড্রোজেন-যৌগিকের সঙ্কেত XH_1, XH_2, XH_3 ইত্যাদি হইতে পারে। যদি 'X'-এর যোজ্যতা n হয়, তাহা হইলে উহার একটি পরমাণু n-সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে, এবং উহার সঙ্কেত হইবে XH_n।

যদি মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক গুরুত্ব 'a' মনে করা যায়, তাহা হইলে আমরা বলিতে পারি,

n-সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত 'X'-এর একটি পরমাণু যুক্ত হয়।

অর্থাৎ, ওজনে 'n' ভাগ হাইড্রোজেন 'a' ভাগ 'X'-এর সহিত যুক্ত হয়।

($\because$ $H =$ ১)

$\therefore$ ১ ভাগ হাইড্রোজেন $\frac{a}{n}$ ভাগ 'X'-এর সহিত যুক্ত হয়।

কিন্তু এক ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত মৌলিক পদার্থের পরিমাণভাগকে উহার তুল্যাঙ্ক বলা হয়। অতএব,

"X" মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্ক $= \frac{a}{n}$

$$= \frac{\text{মৌলিক পদার্থটির পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{যোজ্যতা}}$$

$\therefore$ মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব $=$ তুল্যাঙ্ক $\times$ যোজ্যতা।

পারমাণবিক গুরুত্ব নিরূপণে এই সমীকরণটির বিশেষ প্রয়োজন হইবে।

১১-৮। তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ের পদ্ধতি (Determination of Equivalent Weights) : মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্ক নিরূপণের জন্য বিভিন্ন ক্ষেত্রে ভিন্ন ভিন্ন উপায় অবলম্বন করা হয়। কয়েকটি পদ্ধতির কথা নিম্নে আলোচনা করা হইল।

(১) অনেক সময় যৌগিক পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন দ্বারা তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হয়।

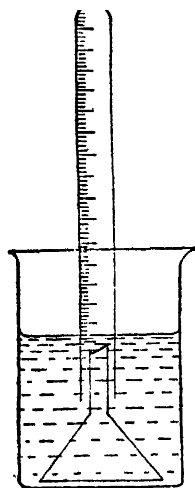
কোন কোন ধাতব মৌলিক পদার্থের সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। অ্যাসিড হইতে একভাগ ওজনের হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে যত ভাগ মৌলিক পদার্থ প্রয়োজন হইবে, তাহাই উহার তুল্যাঙ্ক হইবে।

ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ঃ ০'২ গ্রাম পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম ধাতু লইয়া তৌল সাহায্যে উহার যথার্থ ওজন প্রথমে স্থির করা হয়। ম্যাগনেসিয়ামের টুকরাটি একটি বীকারে রাখিয়া একটি ফানেল দ্বারা উহা ঢাকিয়া দেওয়া হয় (চিত্র ১১ক)। তারপর বীকারে জল ঢালিয়া নলসহ সম্পূর্ণ ফানেলটি ডুবাইয়া দেওয়া হয়। একটি অংশাঙ্কিত নল জলে পূর্ণ করিয়া উহা ফানেলের উপর বসাইয়া দেওয়া হয়। বীকারের জলে অতঃপর গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়। এই অ্যাসিড আস্তে আস্তে ফানেলের ভিতরে যায় এবং উহা ম্যাগনেসিয়ামের সংস্পর্শে আসা মাত্র হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। বুদ্‌বুদের আকারে এই হাইড্রোজেন উঠিয়া অংশাঙ্কিত নলে সঞ্চিত হয়।



$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$

এইভাবে সমস্ত ম্যাগনেসিয়াম দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেনটুকু সম্পূর্ণ উপরের নলে সংগ্রহ করা হয়। (বিক্রিয়াটি দ্রুততর করার জন্য একটু কপার সালফেট দেওয়া হয়।) বিক্রিয়া শেষ হইলে অংশাঙ্কিত নলটির মুখ আঙুল দিয়া বন্ধ করিয়া (যাহাতে বাহিরের বাতাস প্রবেশ না করে) একটি বড় জলের পাত্রে স্থানান্তরিত করা হয়। উহাকে এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে ভিতরের এবং বাহিরের জল একই সমতলে থাকে; অর্থাৎ, হাইড্রোজেন গ্যাসটিকে সেই সময়ের বায়ুচাপে আনা হয়। এই অবস্থায় অংশাঙ্কিত নল হইতে হাইড্রোজেনের আয়তন স্থির করা হয়। ব্যারোমিটার হইতে সেই সময়কার বায়ুচাপ জানা যায় এবং একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে জলের উষ্ণতা জানিয়া লওয়া হয়। ইহা হইতেই ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় সম্ভব।



চিত্র ১১ক
ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়

গণনাঃ মনে কর,

ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= w$ গ্রাম।

সঞ্চিত হাইড্রোজেনের আয়তন $= v$ ঘন সেন্টিমিটার।

উষ্ণতা $= t°$ সেন্টিগ্রেড, এবং বায়ুচাপ $= P$ মিলিমিটার।

t° উষ্ণতায় জলীয় বাষ্প-চাপ $= f$ মিলিমিটার।

অতএব, হাইড্রোজেনের প্রকৃত চাপ $= (P - f)$ মিলিমিটার।

প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় সেই হাইড্রোজেনের আয়তন যদি v' ঘন সেন্টিমিটার হয়, তাহা হইলে $\frac{v' \times ৭৬০}{২৭৩} = \frac{v \times (P - f)}{২৭৩ + t}$

$$\text{অথবা,} \quad v' = \frac{v \times (P - f) \times ২৭৩}{(২৭৩ + t) \times ৭৬০} \text{ ঘন সেন্টিমিটার}$$

হাইড্রোজেনের প্রমাণ-ঘনত্ব = ·০০০০৯ গ্রাম, সুতরাং সঞ্চিত হাইড্রোজেনের ওজন = $v' \times$ ·০০০০৯ গ্রাম

অর্থাৎ, $v' \times$ ·০০০০৯ গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে w গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম প্রয়োজন।

১ গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে $\frac{w}{v' \times ·০০০০৯}$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম প্রয়োজন।

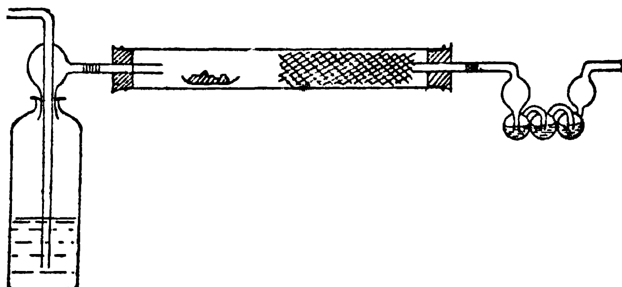
$$\text{অতএব, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক} = \frac{w}{v' \times ·০০০০৯}$$

$$= \frac{w \times (২৭৩ + t) \times ৭৬০}{v \times (P - f) \times ২৭৩ \times ·০০০০৯}\text{।}$$

(২) অক্সিজেনের সহিত মৌলিক পদার্থের সংযোগে যে যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি হয় তাহা বিশ্লেষণ করিয়াও উহার তুল্যাঙ্ক নিরূপণ করা যায়। ৮ ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সঙ্গে যত পরিমাণ মৌলিক পদার্থ মিলিত হইবে, তাহাই উহার তুল্যাঙ্ক হইবে।

কার্বনের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ঃ তৌল-সাহায্যে প্রথমে একটি ছোট পরিষ্কার পর্সেলীন বোট ওজন করিয়া লওয়া হয়। উহাতে ০·২ গ্রাম পরিমাণ বিশুদ্ধ কার্বন (চিনি হইতে প্রস্তুত) লইয়া উহাকে আবার ওজন করা হয়। এই দুইটি ওজন হইতে কার্বনের যথার্থ ওজন জানা যাইবে। কার্বন-সহ এই বোটটি একটি পুরু ও শক্ত কাচের নলের ভিতর রাখা হয়, কাচের নলের অপর অংশ কপার-অক্সাইডে পূর্ণ করিয়া রাখা হয় (চিত্র ১১খ)। নলটির দুইটি মুখ কর্কদ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। গ্যাস চলাচলের জন্য এই দুই কর্কের ভিতর

দুইটি সরু নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। যেদিকে কার্বন বোটটি থাকে, সেই প্রান্ত হইতে প্রবেশ-নলের ভিতর দিয়া শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ' অক্সিজেন গ্যাস ভিতরে পরিচালনা করা হয়। এই অক্সিজেন প্রবাহে নলের মধ্যস্থিত বায়ু বিদূরিত হইয়া যায়। একটি কস্টিক-পটাস-পূর্ণ বাল্‌ব ওজন করা হয় এবং উহা অপর



চিত্র ১১খ—কার্বনের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়

প্রান্তের নির্গম-নলের সঙ্গে জুড়িয়া দেওয়া হয়। এখন একটি চুল্লীতে বড় নলটিকে উত্তপ্ত করা হয় এবং অক্সিজেন-প্রবাহ চলিতে থাকে। কার্বন পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন দ্বারা চালিত হইয়া পটাস-বাল্‌বে প্রবেশ করে। কস্টিক-পটাস কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিশোষক। সমস্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড পটাস-বাল্‌বে শোষিত হয়। এইভাবে সমস্তটুকু কার্বনকে উহার অক্সাইডে পরিণত করিয়া পটাস-বাল্‌বে সংগ্রহ করা হয়। যদি কোন কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়, উহাও উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া অতিক্রম করার সময় কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়। এইজন্যই কপার-অক্সাইড নলের ভিতর দেওয়া হয়। প্রক্রিয়ার শেষে চুল্লীটি নিভাইয়া দেওয়া হয়। কিন্তু ঠাণ্ডা না হওয়া পর্যন্ত অক্সিজেন-প্রবাহ চলিতে থাকে। অতঃপর পটাস-বাল্‌বটি খুলিয়া আবার উহার ওজন লওয়া হয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড বিশোষণের জন্য উহার ওজন বৃদ্ধি পাইবে। কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন হইতে সহজেই কার্বনের তুল্যাঙ্ক বাহির করা যাইতে পারে :

গণনা : পার্সেলীন বোটের ওজন $= w_1$ গ্রাম।
কার্বন সহ পর্সেলীন বোটের ওজন $= w_2$ গ্রাম।
∴ কার্বনের ওজন $= w_2 - w_1$ গ্রাম।
পরীক্ষার পূর্বে পটাস-বাল্‌বের ওজন $= w_3$ গ্রাম।
পরীক্ষার পরে পটাস-বাল্‌বের ওজন $= w_4$ গ্রাম।

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $= w_4 - w_3$ গ্রাম।

∴ কার্বনের সহিত সম্মিলিত অক্সিজেনের ওজন $= (w_4 - w_3) - (w_2 - w_1)$ গ্রাম।

অতএব, $(w_4 - w_3) - (w_2 - w_1)$ গ্রাম অক্সিজেন $(w_2 - w_1)$ গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হয়।

∴ ৮ গ্রাম অক্সিজেন $\frac{(w_2 - w_1) \times ৮}{(w_4 - w_3) - (w_2 - w_1)}$ গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং, কার্বনের তুল্যাঙ্ক $= \frac{৮(w_2 - w_1)}{(w_4 - w_3) - (w_2 - w_1)}$।

(খ) কোন কোন সময় কার্বনের মত প্রত্যক্ষভাবে মৌলিক পদার্থটিকে অক্সাইডে পরিণত না করিয়া পরোক্ষভাবে উহার অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

কপারের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় : তৌল-সাহায্যে একটি শুষ্ক মুচি প্রথমে ওজন করা হয়। উহাতে এক টুকরা বিশুদ্ধ কপারের পাত লইয়া আবার ওজন করা হয়। ইহা হইতে কপারের যথার্থ ওজন জানা যাইবে। সেই মুচিটিতে এখন আস্তে আস্তে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দেওয়া হয়। কয়েক মিনিটের মধ্যেই কপারটুকু নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া কপার নাইট্রেটে পরিণত হয় এবং একটি লাল গ্যাস বাহির হইয়া যায় :



$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

মুচিটিকে তখন একটি জল-গাহের উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়। সমস্ত নাইট্রিক অ্যাসিড এবং জল এইভাবে বাষ্পীভূত হইয়া চলিয়া যাইবে এবং কঠিন সবুজ কপার নাইট্রেট পড়িয়া থাকিবে। মুচিটিকে লইয়া এখন একটি অগ্নিসহ-মৃত্তিকার ত্রিকোণের (fire-clay triangle) উপর রাখিয়া দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয়। অত্যধিক উত্তাপে, কপার নাইট্রেট বিযোজিত হইয়া কাল কপার-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং অন্যান্য গ্যাস নির্গত হইয়া যায়।



$$2\,Cu(NO_3)_2 = 2CuO + 2N_2O_4 + O_2$$

যখন আর কোন গ্যাস নির্গত হইবে না, তখন উহাকে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা হয়। পুনরায় উহাকে উত্তপ্ত করিয়া এবং পরে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা দরকার। এই দুইবার ওজনে যদি তারতম্য হয়, তবে পুনঃপুনঃ উহাকে উত্তপ্ত করিয়া দেখিতে হইবে যতক্ষণ না উহার ওজন অপরিবর্তিত থাকে। এইভাবে মুচিটির ভিতরের কপার অক্সাইডের ওজন স্থির করা হয়।

গণনা : শুষ্ক মুচিটির ওজন $= w_1$ গ্রাম

মুচি এবং কপারের ওজন $= w_2$ গ্রাম

∴ কপারের ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম

মুচি এবং কপার-অক্সাইডের ওজন $= w_3$ গ্রাম

∴ কপারের সহিত মিলিত অক্সিজেনের ওজন $= (w_3 - w_2)$ গ্রাম।

অতএব,

$(w_3 - w_2)$ গ্রাম অক্সিজেন $(w_2 - w_1)$ গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হয়।

∴ ৮ গ্রাম অক্সিজেন $\frac{(w_2 - w_1) \times ৮}{w_3 - w_2}$ গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হয়,

অর্থাৎ, কপারের তুল্যাঙ্ক $= \frac{৮(w_2 - w_1)}{w_3 - w_2}$।

টিন, জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, লেড প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্ক এই উপায়ে নির্ণয় করা যাইতে পারে।

(৩) মৌলিক পদার্থটি ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া যে যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করে, তাহার বিশ্লেষণ করিয়াও তুল্যাঙ্ক স্থির করা যায়। ৩৫·৫ ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যত পরিমাণ মৌলিক পদার্থ যুক্ত হইবে তাহাই উহার তুল্যাঙ্ক হইবে।

সিলভারের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ঃ ০·৫ গ্রাম পরিমাণ সিলভারের পাত লইয়া তৌল সাহায্যে উহার যথার্থ ওজন স্থির করা হয়। এই সিলভারটুকু একটি বীকারে রাখিয়া উহাতে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দেওয়া হয়। সমস্ত সিলভার উহাতে দ্রবীভূত হইয়া সিলভার-নাইট্রেট দ্রবণ প্রস্তুত হয়। অতঃপর এই দ্রবণে কিছু অধিক পরিমাণ লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেওয়া হয়। ইহাতে সিলভার নাইট্রেটের সম্পূর্ণ সিলভারটুকু সিলভার-ক্লোরাইড রূপে কঠিন আকারে অধঃক্ষিপ্ত (precipitated) হইয়া আসে। উহাকে একটি ফিল্টার কাগজের সাহায্যে ছাঁকিয়া পাতিত জলে ধুইয়া লইতে হয়। পরে শুষ্ক করিয়া উহার ওজন লওয়া হয়।

গণনা ঃ সিলভার পাতের ওজন $= w_1$ গ্রাম।

সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= w_2$ গ্রাম।

∴ $(w_2 - w_1)$ গ্রাম ক্লোরিন w_1 গ্রাম সিলভারের সঙ্গে যুক্ত হয়।

অথবা, ৩৫·৫ গ্রাম ক্লোরিন $\frac{w_1 \times ৩৫·৫}{w_2 - w_1}$ গ্রাম সিলভারের সঙ্গে যুক্ত হয়।

∴ সিলভারের তুল্যাঙ্ক $= \frac{৩৫·৫ \times w_1}{w_2 - w_1}$।

অনুশীলনী

১। ১৫° সেণ্টি. উষ্ণতায় এবং ৭৬৫ মিলিমিটার চাপে ১ গ্রাম ধাতুর সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে ১৯৭ ঘন সেণ্টিমিটার শুষ্ক হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক কত?

উত্তর : প্রমাণ অবস্থায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের

$$\text{আয়তন}, v = \frac{১৯৭ \times ৭৬৫ \times ২৭৩}{(২৭৩ + ১৫) \times ৭৬০} \text{ ঘন সেণ্টিমিটার}$$

∴ এক গ্রাম ধাতুর সাহায্যে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের

$$\text{ওজন} = \frac{১৯৭ \times ৭৬৫ \times ২৭৩ \times ·০০০০৯}{২৮৮ \times ৭৬০} \text{ গ্রাম}$$

$$\text{ধাতুটির তুল্যাঙ্ক} = \frac{১ \times ২৮৮ \times ৭৬০}{১৯৭ \times ৭৬৫ \times ২৭৩ \times ·০০০০৯}$$

$= ৫৯·১$ উত্তর।

২। ০·২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হইল। বিক্রিয়ার ফলে ১৫° সেণ্টিগ্রেড এবং ৭৫১·৫ মিলিমিটার চাপে ২০০ ঘন সেণ্টিমিটার আর্দ্র হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। [১৫° সেণ্টিগ্রেডে বাষ্পচাপ ১৩·৫ মিলিমিটার।] ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

উত্তর : ১৫° সেণ্টি. ও ৭৫১·৫ মিলিমিটার চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন = ২০০ ঘন সেণ্টিমিটার। প্রথম অবস্থায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন যদি V ঘন সেণ্টিমিটার হয়, তবে

$$\frac{V \times ৭৬০}{২৭৩} = \frac{২০০ \times (৭৫১·৫ - ১৩·৫)}{২৮৮}$$

$$\therefore V = \frac{২০০ \times ৭৩৮ \times ২৭৩}{৭৬০ \times ২৮৮} \text{ ঘন সেণ্টিমিটার}$$

$$\text{উক্ত হাইড্রোজেনের ওজন} = \frac{২০০ \times ৭৩৮ \times ২৭৩ \times ·০০০০৯}{৭৬০ \times ২৮৮} \text{ গ্রাম}$$

ধাতুর ওজন = ০·২ গ্রাম

$$\therefore \text{ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক} = \frac{০·২ \times ৭৬০ \times ২৮৮}{২০০ \times ৭৩৮ \times ২৭৩ \times ·০০০০৯}$$

$= ১২·০২$।

৩। ০·২১৮ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হওয়াতে ১৭° সেণ্টি. ও ৭৫৪·৫ মিলিমিটার চাপে ২১৮·২ ঘন সেণ্টিমিটার হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া গেল। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক কত হইবে? [১৭° সেণ্টিগ্রেডে বাষ্পচাপ = ১৪·৪ মিলিমিটার] [পাটনা বিশ্বঃ]

৪। ০·৪৯ গ্রাম একটি ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ২২° সেণ্টিগ্রেড ও ৭৫২ মিলিমিটার চাপে ২৯৫ ঘন সেণ্টিমিটার হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [কলিকাতা বিশ্বঃ]

৫। এক গ্রাম ওজনের একটি ধাতু অক্সিজেন দ্বারা জারণের ফলে ১·৬৬৫ গ্রাম অক্সাইড পাওয়া গেল। উহার তুল্যাঙ্ক কত হইবে?

উত্তর : ধাতুর সহিত মিলিত অক্সিজেনের ওজন

$= ১·৬৬৫ - ১ = ·৬৬৫$ গ্রাম।

$$\text{ধাতুটির তুল্যাঙ্ক} = \frac{১ \times ৮}{\text{'৬৬৫}}$$

$$= ১২\text{'}০৩।$$

৬। ১'১৮ গ্রাম পরিমাণ ওজনের কপার প্রথমে নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হইল। উৎপন্ন কপার নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণ বিযোজিত করিয়া ১'৪৮ গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া গেল। কপারের তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ কর।

৭। ০'২০৫২ গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণ বিযোজিত করিলে ১৫° সেন্টিগ্রেডে ও ৭৬০ মিলিমিটার চাপে ১২ ঘন সেন্টি. অক্সিজেন পাওয়া গেল। মারকারির তুল্যাঙ্ক কত হইবে?

৮। ১'৯৮৬ গ্রাম কপার হইতে ২'৪৭০ গ্রাম কপার অক্সাইড পাওয়া গেল। এবং কপার সালফেট দ্রবণে ০'৩৪৬ গ্রাম জিঙ্ক দিলে উহা দ্রবণ হইতে ০'৩৩৫ গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত করে।

৯। একটি ধাতব ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ ৩৮'১১%। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক কত?

[বোম্বে বিশ্বঃ]

১০। কপারের দুইটি অক্সাইডে অক্সিজেনের অনুপাত যথাক্রমে ১১'২% এবং ২০'০৯% ভাগ। দুইটি বিভিন্ন ক্ষেত্রে কপারের তুল্যাঙ্ক কিরূপ হইবে?

১১। একটি ধাতব ক্লোরাইডের এক গ্রাম বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গেল যে উহাতে ০'৬১৮৩ গ্রাম ক্লোরিন আছে। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক কত?

১২। ৪'৪২ গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন পরিচালনা করিলে উহা হইতে ৩'৫৪ গ্রাম কপার পাওয়া গেল। কপারের তুল্যাঙ্ক কত হইবে?

১৩। কপার সালফেট দ্রবণে '১৪ গ্রাম ওজনের লৌহচূর দেওয়াতে উহা হইতে '১৫৭৫ গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত হইয়া গেল। লৌহের তুল্যাঙ্ক ২৮ হইলে কপারের তুল্যাঙ্ক কত হইবে?

উত্তরঃ মনে কর, কপারের তুল্যাঙ্ক x।

"তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র" অনুযায়ী ২৮ গ্রাম লৌহচূর x গ্রাম কপারকে দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত করিবে।

অর্থাৎ '১৪ গ্রাম লৌহ $\frac{x}{২৮} \times$ '১৪ গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত করিবে।

$$\therefore \quad \frac{x \times \text{'১৪}}{২৮} = \text{'১৫৭৫}$$

$$\therefore \quad x = \frac{\text{'১৫৭৫} \times ২৮}{\text{'১৪}} = ৩১\text{'}৫।$$

১৪। এক গ্রাম জিঙ্ক ক্লোরাইড জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত পরিমাণ সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ দেওয়া হইল। বিক্রিয়ার ফলে ২'১১০ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইল। জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক কত?

সিলভারের পারমাণবিক গুরুত্ব = ১০৭'৮৮

ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ৩৫'৪৬

অতএব, (১০৭'৮৮ + ৩৫'৪৬) = ১৪৩'৩৪ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ৩৫'৪৬ গ্রাম ক্লোরিন থাকে।

সুতরাং ২'১১০ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিনের পরিমাণ

$$= \frac{২'১১ \times ৩৫'৪৬}{১৪৩'৩৪} \text{ গ্রাম}$$

$\therefore$ $\frac{২'১১ \times ৩৫'৪৬}{১৪৩'৩৪}$ গ্রাম ক্লোরিনের সহিত $১ - \frac{২'১১ \times ৩৫'৪৬}{১৪৩'৩৪}$ গ্রাম জিঙ্ক যুক্ত আছে।

$\therefore$ ৩৫'৪৬ গ্রাম ক্লোরিনের সহিত $\left[১ - \frac{২'১১ \times ৩৫'৪৬}{১৪৩'৩৪}\right] \times \frac{১৪৩'৩৪}{২'১১}$ গ্রাম জিঙ্ক আছে।

$\therefore$ জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক $= \frac{১৪৩'৩৪ - ২'১১ \times ৩৫'৪৬}{২'১১} = ৩২'৪৮$।

১৫। এক গ্রাম ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড সোডিয়াম সালফেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ১'২২৫ গ্রাম ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন করে। ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্ক কত?

[তুল্যাঙ্ক : $Cl = ৩৫'৫$; $SO_4 = ৪৮$]

দ্বাদশ অধ্যায়

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের কয়েকটি উপায় নিম্নে প্রদত্ত হইল।

(১) **ক্যানিজারো প্রণালীতে অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের** সাহায্যে পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করা যায়, ইহা আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি।

(২) **"ডুলং এবং পেটিটের সূত্র" (Dulong and Petit's Law) :** কোন মৌলিক পদার্থের আপেক্ষিক তাপ ও উহার পারমাণবিক গুরুত্বের গুণফলকে উহার **পরমাণু-তাপ (atomic heat)** বলা হয়। বিভিন্ন পদার্থের পরীক্ষার ফলে ডুলং এবং পেটিট প্রমাণ করেন :—"যে-কোন কঠিন মৌলিক পদার্থের পরমাণু-তাপ সর্বদা একই হয় এবং উহার পরিমাণ ৬'৪ হইয়া থাকে।" কেবলমাত্র কার্বন, বোরন, সিলিকন প্রভৃতি কয়েকটি মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে ইহার ব্যতিক্রম দেখা যায়।

অতএব, পারমাণবিক গুরুত্ব × আপেক্ষিক তাপ = ৬'৪

$$\therefore \quad \text{পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{৬'৪}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}$$

সুতরাং, কোন মৌলের আপেক্ষিক তাপ নির্ধারণ করিলেই উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করা যাইবে। সঠিক এবং নির্ভুল না হইলেও এই উপায়ে পারমাণবিক গুরুত্বের একটি মোটামুটি আন্দাজ পাওয়া যাইবে।

(৩) *নির্ভুল পারমাণবিক গুরুত্ব নিরূপণ করিতে হইলে প্রথমে উহার তুল্যাঙ্ক স্থির করা প্রয়োজন।*

আমরা জানি, পারমাণবিক গুরুত্ব = যোজ্যতা × তুল্যাঙ্ক।

তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা সম্ভব কিন্তু প্রত্যক্ষভাবে কোন পরমাণুর যোজ্যতা জানা সম্ভব নহে। তবে যোজ্যতা যে একটি পূর্ণসংখ্যা [১, ২, ৩,...] হইবে, তাহা নিশ্চিত।

যোজ্যতা স্থির করার জন্য প্রথমতঃ ডুলং ও পেটিট-এর সূত্র অনুযায়ী আপেক্ষিক তাপ হইতে স্থূলভাবে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করিতে হইবে। এই পারমাণবিক গুরুত্বকে তুল্যাঙ্ক দ্বারা ভাগ করিলেই যোজ্যতার পরিমাণ পাওয়া যাইবে। এই ভাগফলের আসন্ন পূর্ণসংখ্যাটিকে পরমাণুটির সঠিক যোজ্যতা রূপে ধরা হয়। যেমন :—

ডুলং-পেটিট-এর নিয়ম অনুযায়ী ম্যাগনেসিয়ামের মোটামুটি পারমাণবিক গুরুত্ব = ২৪·৪, উহার তুল্যাঙ্ক = ১২·১৫

$\therefore$ ম্যাগনেসিয়ামের যোজ্যতা $= \frac{২৪·৪}{১২·১৫} = ২·০১$।

কিন্তু যোজ্যতা ভগ্নাংশ বা দশমিক হইতে পারে না। অতএব উহার সঠিক যোজ্যতা ২ ধরা হইবে।

এই যোজ্যতার দ্বারা তুল্যাঙ্ককে গুণ করিয়া উক্ত মৌলিক পদার্থটির প্রকৃত পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণীত হয়।

$\therefore$ ম্যাগনেসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব = ২ × ১২·১৫ = ২৪·৩।

অতএব দেখা যাইতেছে, পারমাণবিক গুরুত্ব সঠিক বাহির করিতে হইলে :—

(ক) প্রথমতঃ উহার আপেক্ষিক তাপ স্থির করিয়া স্থূল পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ করিতে হইবে।

(খ) তুল্যাঙ্ক স্থির করিতে হইবে।

(গ) উপরোক্ত পারমাণবিক গুরুত্ব এবং তুল্যাঙ্ক হইতে মৌলিক পদার্থটির সঠিক যোজ্যতা নিরূপণ করিতে হইবে।

(৪) **মিতসারলিসের সমাকৃতি-সূত্রের (Mitscherlich's Law of Isomorphism)** সাহায্যেও পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করা সম্ভব।

প্রায়ই কঠিন পদার্থগুলি স্ফটিকাকারে থাকে। অনেক সময় একাধিক পদার্থের স্ফটিকের আকার একই রকমের হয়। এই সকল স্ফটিককে **সমাকৃতি স্ফটিক** বলা যাইতে পারে। এইসব পদার্থের স্ফটিকগুলি আয়তনে ছোটবড় হইতে পারে, কিন্তু উহাদের কোণ এবং পৃষ্ঠতলের সংখ্যা সমান এবং অনুরূপ (corresponding) কোণগুলিও সমান হইয়া থাকে। কিন্তু যে-কোন দুইটি পদার্থের স্ফটিকের কেবলমাত্র আকৃতিগত সাদৃশ্য থাকিলেই তাহাদের সমাকৃতিত্বের পূর্ণ লক্ষণ বলিযা গণ্য হয় না। লবণের স্ফটিক এবং হীরার স্ফটিক একই আকৃতিবিশিষ্ট বটে, কিন্তু উহাদিগকে সমাকৃতি-সম্পন্ন বলিয়া ধরা হয় না। কারণ, দুইটি পদার্থের সমাকৃতিত্ব আকৃতি ছাড়া আরও দুইটি লক্ষণের উপর নির্ভর করে।

(১) উভয় পদার্থের মিশ্র দ্রবকে কেলাসিত করিলে যে স্ফটিক পাওয়া যাইবে, তাহা উভয় পদার্থের অণুদ্বারা গঠিত হইবে, এবং উহার আকৃতি যে-কোন একটি স্ফটিকের আকৃতিব অনুরূপ হইবে। কেলাসন সময়ে মিশ্র-দ্রবটি একটির দ্বাবা সম্পৃক্ত হইলেও উভয়ের স্ফটিক একত্র পড়িবে।

(২) একটি পদার্থের সম্পৃক্ত দ্রবে অপর পদার্থটির একটি ছোট স্ফটিক রাখিলে ছোট স্ফটিকটির উপর প্রথমোক্ত পদার্থের অণুর পরিন্যাস (Deposit) দ্বারা উহার আয়তনের বৃদ্ধি হইবে।

লবণ এবং হীরার স্ফটিকের এই সকল বৈশিষ্ট্য না থাকায় উহাদের মধ্যে সমাকৃতিত্ব নাই, এইরূপ মনে করা হয়।

জিঙ্ক সালফেট, ম্যাগনেসিয়াম সালফেট এবং ফেরাস সালফেট ইহারা সমাকৃতি স্ফটিক (Isomorphous crystals)। উহাদের আকৃতি একরকম এবং জিঙ্ক সালফেট ও ফেরাস সালফেটের মিশ্র দ্রবকে কেলাসিত করিলে যে স্ফটিক পাওয়া যাইবে উহাতে জিঙ্ক ও ফেরাস সালফেট মিশ্রিত থাকিবে। অথবা জিঙ্ক সালফেটের একটি স্ফটিক ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের দ্রবণের মধ্যে রাখিলে উহার উপর অনুরূপভাবে ম্যাগনেসিয়াম সালফেট জমিতে থাকিবে।

এইরূপ আরও অনেক সমাকৃতি-স্ফটিকের নাম করা যাইতে পারে :—

(১) জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4, 7H_2O$), ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4, 7H_2O$), ফেরাস সালফেট ($FeSO_4$ $7H_2O$)।

(২) পটাসিয়াম সালফেট (K_2SO_4), পটাসিয়াম ক্রোমেট (K_2CrO_4)।

(৩) পটাস অ্যালাম [K_2SO_4, Al_2 $(SO_4)_3$, 24 H_2O],
ক্রোম অ্যালাম [K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3$, 24 H_2O]

(৪) কপার সালফাইড (Cu_2S) এবং সিলভার সালফাইড (Ag_2S) ইত্যাদি, ইত্যাদি

এই সকল সমাকৃতি-সম্পন্ন পদার্থগুলির সঙ্কেত যদি পরীক্ষা করা যায়, তাহা হইলে দেখা যাইবে, উহাদের অণুগুলিতে মোট পরমাণুর সংখ্যা একই এবং দুই-একটি পরমাণুর স্থলে অন্য দুই-একটি পরমাণু থাকিলেও উহাদের সংযুতি একই রকমের। যেমন, K_2SO_4 এবং K_2CrO_4। ইহা হইতে মিতসারলিস একটি নিয়ম আবিষ্কার করেন :—

"যে সমস্ত যৌগিক পদার্থের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা এবং সংযোজনা পদ্ধতি এক রকমের, তাহাদের স্ফটিকগুলি সমাকৃতি-সম্পন্ন।"

অর্থাৎ, "সমান-সংখ্যক পরমাণু একই প্রকারে সংযোজিত হইয়া সমাকৃতি স্ফটিক সৃষ্টি করে। এই সকল স্ফটিকের আকৃতি কেবলমাত্র উহাদের পরমাণুগুলির সংখ্যা ও অবস্থানের উপর নির্ভর করে, পরমাণুর রাসায়নিক প্রকৃতি বা ধর্মের উপর নির্ভর করে না।"

ইহাকেই **সমাকৃতি সূত্র (Law of Isomorphism)** বলা হয়।

অতএব বুঝা যাইতেছে, দুইটি সমাকৃতি-সম্পন্ন পদার্থের অণুতে যে মৌলিক পদার্থটি বিভিন্ন হইবে, তাহাদের পরমাণুর সংখ্যাও একই হইবে। যেমন পটাসিয়াম সালফেট এবং পটাসিয়াম সেলিনেট সমাকৃতি-স্ফটিক সৃষ্টি করে। পটাসিয়াম সালফেটের সঙ্কেত K_2SO_4। অতএব, পটাসিয়াম সেলিনেটের সঙ্কেতকে K_2SeO_4 হইতে হইবে। কারণ সূত্রানুযায়ী পরমাণুর সংখ্যা ও সংযুতি এক হওয়া প্রয়োজন। যেহেতু সালফেটে একটি সালফার পরমাণু আছে, সমাকৃতি সেলিনেটেও উহার পরিবর্তে একটি সেলিনিয়ামে পরমাণু থাকিতে হইবে।

এই নিয়মটির সাহায্যে পারমাণবিক গুরুত্ব স্থির করা যাইতে পারে। একটি উদাহরণ হইতে উহা সহজে বুঝা যাইবে।

উদাহরণ ঃ পটাসিয়াম সালফেট ও পটাসিয়াম সেলিনেট সমাকৃতি-সম্পন্ন পদার্থ। বিশ্লেষণে দেখা গিয়াছে পটাসিয়াম সেলিনেটে শতকরা ৩৫·৭৭ ভাগ সেলিনিয়াম আছে। সেলিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

যেহেতু পটাসিয়াম সালফেটের সঙ্কেত K_2SO_4 এবং উহার সহিত সেলিনেট সমাকৃতি, অতএব পটাসিয়াম সেলিনেটের সঙ্কেত K_2SeO_4 হইবে।

সেলিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব যদি x হয়, তবে K_2SeO_4-এর আণবিক গুরুত্ব হইবে,

K_2SeO_4 = ২ × ৩৯·০৯ + x + ৪ × ১৬ [∵ K = ৩৯·০৯, O = ১৬ পারমাণবিক গুরুত্ব]

= ১৪২·১৯ + x.

অতএব, উক্ত পদার্থে সেলিনিয়ামের শতকরা অংশ $\frac{x \times ১০০}{১৪২\cdot১৯ + x}$

$$\therefore \frac{x \times ১০০}{১৪২\cdot১৯ + x} = ৩৫\cdot৭৭$$

$$\therefore x = ৭৯\cdot১৬$$

সেলিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব = ৭৯·১৬।

উদাহরণ : একটি অজ্ঞাত ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা ২৯·৩৪ ভাগ ক্লোরিন আছে, এবং উহা পটাসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সমাকৃতি-সম্পন্ন। পটাসিয়াম ক্লোরাইডে ক্লোরিনের অংশ শতকরা ৪৭·৬৫। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

ধাতুটির ক্লোরাইডে, ২৯·৩৪ গ্রাম ক্লোরিন (১০০ – ২৯·৩৪) = ৭০·৬৬ গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয়।

$\therefore$ ১ গ্রাম ক্লোরিন $\frac{৭০\cdot৬৬}{২৯\cdot৩৪} = ২\cdot৪০$ গ্রাম ধাতুর সহিত যুক্ত হয়।

পটাসিয়াম ক্লোরাইডে, ৪৭·৬৫ গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে (১০০ – ৪৭·৬৫) = ৫২·৩৫ গ্রাম পটাসিয়াম যুক্ত হয়।

$\therefore$ ১ গ্রাম ক্লোরিনের সঙ্গে $\frac{৫২\cdot৩৫}{৪৭\cdot৬৫} = ১\cdot০৯$ গ্রাম পটাসিয়াম যুক্ত হয়।

অর্থাৎ সমাকৃতি-পদার্থ দুইটিতে সম-পরিমাণ ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত ধাতু ও পটাসিয়ামের ওজনের অনুপাত = ২·৪০ : ১·০৯।

কিন্তু, এই দুইটি পদার্থে ধাতু ও পটাসিয়ামের সমান-সংখ্যক পরমাণু থাকিবে; অর্থাৎ উহাদের ওজনের অনুপাত উহাদের পারমাণবিক গুরুত্বের অনুপাতে হইবে।

$$\therefore \frac{\text{ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{পটাসিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব}} = \frac{২৪০}{১০৯}$$

$$\therefore \text{ধাতুর পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{২৪০}{১০৯} \times ৩৯ \qquad [K = ৩৯]$$

$$= ৮৫\cdot৮।$$

মনে রাখিতে হইবে, এইভাবে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিতে হইলে পদার্থগুলির স্ফটিক সহজপ্রাপ্য হওয়া প্রয়োজন, এবং মৌলদের একটির পারমাণবিক গুরুত্ব জানা আবশ্যক।

অনুশীলনী

১। একটি ধাতুর আপেক্ষিক তাপ ·১২১ এবং তুল্যাঙ্ক ১৭·৮। উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

উ :। স্থূল পারমাণবিক গুরুত্ব = $\frac{\text{পরমাণু তাপ}}{\text{আপেক্ষিক তাপ}} = \frac{৬\cdot৪}{\cdot১২১} = ৫২\cdot৯$

ধাতুর যোজ্যতা = $\frac{\text{পারমাণবিক গুরুত্ব}}{\text{তুল্যাঙ্ক}} = \frac{৫২\cdot৯}{১৭\cdot৮} = ২\cdot৯৭$

যেহেতু যোজ্যতা পূর্ণ সংখ্যা হইতে হইবে, সুতরাং উহার যোজ্যতা হইবে = ৩।

$\therefore$ উহার প্রকৃত পারমাণবিক গুরুত্ব = ৩ × ১৭·৮ = ৫৩·৪।

২। এক গ্রাম ওজন একটি ধাতু সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে প্রমাণ অবস্থায় ১২৪২ ঘন

সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ = ০'২৩৮; উহার তুল্যাঙ্ক, পারমাণবিক গুরুত্ব ও যোজ্যতা নির্ণয় কর। (এলাহাবাদ, ১৯৩২)

উ :। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন = ১২৪২ × '০০০০৯ গ্রাম।

$\therefore$ ধাতুটির তুল্যাঙ্ক $= \frac{১}{১২৪২ \times '০০০০৯} = ৮'৯৯$

ধাতুটির স্থূল পারমাণবিক গুরুত্ব $= \frac{৬'৪}{'২৩৮} = ২৭'৮$

অতএব, উহার যোজ্যতা $= \frac{২৭'৮}{৮'৯৯} = ৩'০৯$ ।

যেহেতু যোজ্যতা পূর্ণ সংখ্যা হইতে হইবে, অতএব উহার যোজ্যতা = ৩

$\therefore$ উহার প্রকৃত পারমাণবিক গুরুত্ব = ৩ × ৮'৯৯ = ২৬'৯৭ ।

৩। একটি উদ্বায়ী ধাতুর তুল্যাঙ্ক ১০০'৩ এবং আপেক্ষিক তাপ = '০৩৩। ০'২৫ গ্রাম পরিমাণ ধাতুর ৫০০° সেন্টিগ্রেডে এবং প্রমাণ চাপে বাষ্পীয় আয়তন ৭৯'৫ ঘন সেন্টিমিটার। উহার আণবিক এবং পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

৪। একটি ধাতুর আপেক্ষিক তাপ = ০'১৫২। উহার ০'৪৯ গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ২২° সেন্টিগ্রেডে ও ৭৫২ মিলিমিটার চাপে ২৯৫ ঘন সেন্টিমিটার অনার্দ্র (dry) হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। উহার তুল্যাঙ্ক ও পারমাণবিক গুরুত্ব কত? (কলিকাতা বিশ্বঃ, ১৯৩৪)

৫। ২০ গ্রাম টিন লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে প্রমাণ অবস্থায় ১'১২ লিটার হাইড্রোজেন পাওয়া গেল এবং ১৪'১ গ্রাম টিন অপরিবর্তিত অবস্থায় রহিয়া গেল। টিনের ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব = ৯৪'৫। টিনের পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

৬। ০'৫৫৭৪ গ্রাম পরিমাণ একটি ধাতু হইতে ০'৬৮১৭ গ্রাম উহার অক্সাইড পাওয়া গিয়াছে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ = ০'০৫৫। উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির কর।

৭। ২'৮৯৭২ গ্রাম জিঙ্ক-অক্সাইড হাইড্রোজেনের সহিত উত্তপ্ত করিয়া ২'২৫৬৭ গ্রাম জিঙ্ক পাওয়া যায়। জিঙ্কের আপেক্ষিক তাপ ০'০৯। উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

৮। একটি ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা ২০'২ ভাগ ধাতু আছে। উহার আপেক্ষিক তাপ '২২৬। উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত হইবে?

৯। পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটে ম্যাঙ্গানিজের পরিমাণ শতকরা ৩৪'৮ ভাগ। উহার সহিত পটাসিয়াম পারক্লোরেট সমাকৃতি ($KClO_4$)। ম্যাঙ্গানিজের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় কর।

[K = ৩৯, O = ১৬, Cl = ৩৫'৫]

১০। A এবং B দুইটি ধাতুর অক্সাইড সমাকৃতি-সম্পন্ন। A-এর পারমাণবিক গুরুত্ব ৫২, এবং উহার ক্লোরাইডের বাষ্প-ঘনত্ব = ৭৯। B-এর অক্সাইডে অক্সিজেনের অংশ শতকরা ৮৭'১ ভাগ। B-এর পারমাণবিক গুরুত্ব কত হইবে? (রেঙ্গুন, ১৯২৭)

১১। ফেরিক অ্যালামে শতকরা ১১'০৯ ভাগ আয়রন এবং ২৫'৪৫ ভাগ সালফার-অক্সাইড আছে। উহার সমাকৃতি সাধারণ অ্যালামে শতকরা ৫'৬৮ ভাগ অ্যালুমিনিয়াম এবং ২৭'০১ ভাগ সালফার-অক্সাইড আছে। আয়রনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ৫৫'৮, অ্যালুমিনিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

১২। ০'২২ গ্রাম একটি ধাতব ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিনকে সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে ০'৫১ গ্রাম সিলভার নাইট্রেট প্রয়োজন। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ '০৫৭ হইলে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত হইবে?

ত্রয়োদশ অধ্যায়

তড়িৎ-বিশ্লেষণ

১৩-১। সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতে আমরা সবাই জানি বিদ্যুৎ সমস্ত বস্তুর ভিতর দিয়া চলাচল করিতে সক্ষম নয়। লৌহ, স্বর্ণ, তাম্র প্রভৃতি ধাতব পদার্থ, অথবা অ্যাসিড বা লবণের জলীয় দ্রবণ অনায়াসে তড়িৎ পরিবহন করিতে পারে। ইহাদিগকে **তড়িৎ-পরিবাহী** বা **বিদ্যুৎ-পরিবাহী (conductors)** বলা যায়। সাধারণ অঙ্গার, গন্ধক, কাঠ বা চিনি ইত্যাদির ভিতর দিয়া কখনও বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলাচল সম্ভব নয়। ইহারা **অ-পরিবাহী (non-conductors)**।

যে সকল পদার্থ বিদ্যুৎ-পরিবহন করিতে সক্ষম তাহাদের দুইটি পর্যায়ে বিভক্ত করা চলে।

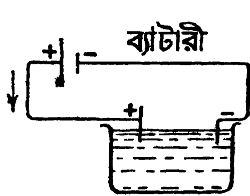
(১) কোন কোন বস্তু বিদ্যুৎ-পরিবহন করিতে পারে, কিন্তু তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা তাহাদের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। ধাতুগুলি এই পর্যায়ে পড়ে। আয়রন বা কপারের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ অতি সহজে প্রবাহিত হয়, কিন্তু তাহাতে উহাদের কোন রাসায়নিক বিকার হয় না।

(২) কোন কোন বস্তুর ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-পরিবহন কালে, বস্তুগুলি বিযোজিত হইয়া যায়, এবং নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। অ্যাসিড, ক্ষার এবং লবণ জাতীয় পদার্থের দ্রবণ এই পর্যায়ে পড়ে। ইহারা সকলেই যৌগিক পদার্থ। সমস্ত যৌগিক পদার্থের অবশ্য বিদ্যুৎ-পরিবহন করার ক্ষমতা নাই। যেমন, চিনি, তেল বা স্টার্চ কোন অবস্থাতেই বিদ্যুৎ-পরিবাহী হয় না। যে সকল যৌগিক-পদার্থ বিদ্যুৎ-পরিবাহী, তাহারাও কঠিন অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করিতে পারে না। কেবলমাত্র গলিত অবস্থায় অথবা কোন কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় উহারা তড়িৎ-পরিবাহী হইয়া থাকে।

লবণের স্ফটিকের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-চালনা সম্ভব নয়; কিন্তু লবণের গলিত অবস্থায় অথবা উহার জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া স্বচ্ছন্দে বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলিতে পারে। এই সমস্ত বস্তুর ভিতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে উহারা বিযোজিত হইয়া যায়। যেমন খাদ্য-লবণের জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ-সাহায্যে ক্লোরিন এবং কস্টিক সোডাতে পরিণত হয়।

যে সকল তরল পদার্থ বা দ্রবণ বিদ্যুৎ-প্রবাহে বিযোজিত হয় তাহারা **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য (Electrolyte)** নামে অভিহিত। বিদ্যুৎ-সাহায্যে পদার্থের বিযোজনকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis) বলা হয়।

অধিকাংশ ক্ষেত্রেই তড়িৎ-বিশ্লেষণের জন্য অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। এই সকল দ্রবণকে একটি পাত্রে রাখিয়া উহার দুই প্রান্তে দুইটি ধাতুর পাত আংশিক ডুবাইয়া রাখা হয়। এই পাত দুইটি তারের সাহায্যে একটি ব্যাটারীর পজিটিভ এবং নেগেটিভ মেরুর সহিত যোগ করিয়া দিলে, দ্রবণের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইয়া থাকে। এই দুইটি ধাতুর পাতকে **তড়িৎ-দ্বার (Electrodes)** বলে। যে পাতটি পজিটিভ মেরুর সহিত সংযুক্ত তাহাকে **অ্যানোড (Anode)** এবং অপরটি যাহা নেগেটিভ মেরুর সহিত সংযুক্ত তাহাকে **ক্যাথোড (Cathode)** বলা হয়। অতএব বিদ্যুৎ অ্যানোড-দ্বারে দ্রবণে প্রবেশ করে এবং ক্যাথোড-দ্বারের সাহায্যে নির্গত হয় (চিত্র ১৩ক)। একটু লক্ষ্য করিলেই দেখা যাইবে, বিদ্যুৎ-প্রবাহের সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণের ভিতরের পদার্থটি বিযোজিত হইয়া যাইতেছে এবং এই বিযোজন-ক্রিয়া কেবলমাত্র তড়িৎ-দ্বারের নিকটেই হইয়া থাকে, সম্পূর্ণ দ্রবণের ভিতর হয় না।



চিত্র ১৩ক

দ্রবণের পরিবর্তে পদার্থগুলি গলিত অবস্থায় লইলেও এই উপায়ে তাহাদের তড়িৎ-বিশ্লেষণ হইয়া থাকে।

অ্যানোড ও ক্যাথোড হিসাবে যে-কোন ধাতু ব্যবহার করা চলে। সাধারণতঃ প্লাটিনাম ও কপারের প্রচলন বেশী, কিন্তু প্রয়োজন অনুসারে নিকেল, আয়রন, গ্যাসকার্বন, গ্রাফাইট প্রভৃতি বিদ্যুৎ-পরিবাহক বস্তুও ব্যবহৃত হয়।

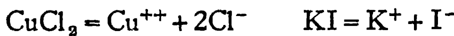
১৩-২। "তাড়িত-বিয়োজন-বাদ" (Theory of Electrolytic Dissociation): ১৮৮৭ খ্রীষ্টাব্দে আরহেনিয়াস (Arrhenius) তাঁহার বিখ্যাত তড়িৎ-বিয়োজন-বাদ প্রবর্তন করিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ দ্বারা কিভাবে যৌগসমূহের বিয়োজন হয় তাহা বুঝাইয়া দেন। এই মতানুযায়ী তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি দ্রবীভূত অবস্থা প্রাপ্ত হইলেই অস্থায়ী এবং স্বতঃভঙ্গুর হইয়া পড়ে। পদার্থের অণুগুলির অল্পাধিক অংশ বিযুক্ত বা বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। এই অণুগুলি

ভাঙিয়া একাধিক সূক্ষ্ম কণায় পরিণত হয়। প্রত্যেকটি অণু হইতে দুই-প্রকারের তড়িৎ-যুক্ত কণার সৃষ্টি হয়—কতকগুলি **হাঁ-ধর্মী** বা **ধনাত্মক** এবং অপরগুলি **না-ধর্মী** বা **ঋণাত্মক** বিদ্যুৎ-যুক্ত।

যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইড জলে দ্রব হইলেই উহার অধিকাংশ অণু ভাঙিয়া যায়। প্রত্যেকটি সোডিয়াম ক্লোরাইডের অণু হইতে একটি হাঁ-ধর্মী সোডিয়াম এবং একটি না-ধর্মী ক্লোরিন কণা উৎপন্ন হয়। সেইরূপ কপার ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে, উহার একটি অণু হইতে একটি হাঁ-ধর্মী কপার এবং দুইটি না-ধর্মী ক্লোরিন কণার উদ্ভব হয়।



$$NaCl = Na^{+} + Cl^{-} \qquad HBr = H^{+} + Br^{-}$$



$$CuCl_2 = Cu^{++} + 2Cl^{-} \qquad KI = K^{+} + I^{-}$$

উপরে '+' এবং '−' চিহ্ন দ্বারা হাঁ-ধর্মী এবং না-ধর্মী কণা নির্দেশ করা হয়। ঐরূপ একটি চিহ্ন বিদ্যুতের একটি একক বুঝায়। হাঁ-ধর্মী এবং না-ধর্মী বিদ্যুৎকে যথাক্রমে **পরা** এবং **অপরা** বিদ্যুৎ নামেও অভিহিত করা হয়।

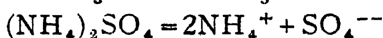
হাঁ-ধর্মী এবং না-ধর্মী কণা সমান-সংখ্যক নাও হইতে পারে ; কিন্তু সমগ্র পরা-বিদ্যুতের এককের পরিমাণ এবং সমগ্র অপরা-বিদ্যুতের এককের পরিমাণ সমান হইতে হইবে। অতএব, পরা এবং অপরা বিদ্যুৎ সম-পরিমাণে থাকার জন্য দ্রবণটি **তড়িৎ-নিরপেক্ষ** বা **তড়িৎ-উদাসী (Electrically neutral)** হইয়া থাকে।

পদার্থের অণু বিয়োজিত হইয়া যে সমস্ত বিদ্যুৎযুক্ত কণার সৃষ্টি করে তাহাদের **'আয়ন' (ions)** বলে। পরা-বিদ্যুৎযুক্ত কণাকে **'ক্যাটায়ন' (cation)** এবং অপরা-বিদ্যুৎযুক্ত কণাকে **'অ্যানায়ন' (anion)** বলে। সংক্ষেপে, পদার্থের অণুর এই প্রকার তড়িৎ-যুক্ত কণাতে বিয়োজনকে **'আয়নিত হওয়া'** বলা হয়।

কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণু এবং উহার বিদ্যুৎযুক্ত আয়নের ধর্মগুলি সম্পূর্ণ বিভিন্ন। যেমন, সোডিয়ামের পরমাণু জলের সংস্পর্শে আসিবামাত্র রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটায়। কিন্তু হাঁ-ধর্মী সোডিয়াম আয়নের সঙ্গে জলের কোন ক্রিয়া দেখা যায় না। অন্যান্য আয়ন ও পরমাণু সম্বন্ধেও একই কথা প্রযোজ্য।

অনেক ক্ষেত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের অণু বিয়োজিত হইয়া যৌগ্-মূলকের আয়নও সৃষ্টি করিতে পারে। যেমন—

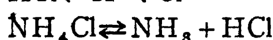

$$H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{--}$$

$$NaNO_3 = Na^+ + NO_3^-$$

$$(NH_4)_2SO_4 = 2NH_4^+ + SO_4^{--}$$

দ্রাবের বিয়োজনের ফলে যে সকল আয়ন উৎপন্ন হয় উহাদের কোন একটিকে পৃথক করিয়া লওয়া সম্ভব নয় এবং দ্রবণ হইতে জল সরাইয়া লইলে পুনরায় পদার্থটি ফিরিয়া পাওয়া যায়। অর্থাৎ বিপরীত-ধর্মী আয়নগুলি পরস্পর পুনর্মিলিত হয়

১৩-৩। বিযোজন ও বিয়োজন (Decomposition and Dissociation)ঃ বস্তুতঃ পদার্থের বিযোজন এবং বিয়োজনের ভিতর একটি প্রভেদ আছে। পদার্থ যখন বিযোজিত হয় তখন উহার অণুগুলি ভাঙিয়া একাধিক নূতন পদার্থের সৃষ্টি করে। ইহারা সহজে আর পুনর্মিলিত হইয়া আদি পদার্থে পরিবর্তিত হয় না। যেমন, $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$.

কিন্তু বিয়োজনকালে পদার্থের অণুসকল বিশ্লিষ্ট হইয়া একাধিক বস্তু বা আয়ন উৎপন্ন করে। এই সকল উৎপন্ন বস্তু বা আয়ন আবার সহজেই মিলিত হইয়া পূর্ব অবস্থা প্রাপ্ত হয়। অণুর তড়িৎ-বিয়োজন সর্বদাই এই পর্যায়ে পড়েঃ


$$KCl \rightleftharpoons K^+ + Cl^-$$

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$

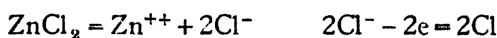
(সমীকরণ প্রকাশকালে বিয়োজন-ক্রিয়াটিতে সমীকরণ-চিহ্নের পরিবর্তে দুইটি বিপরীত-গতি চিহ্ন $\rightleftharpoons$ ব্যবহৃত হয়।)

সাধারণ অর্থে বিযোজন এবং বিয়োজন এই দুইটি শব্দের ভিতর কোন পার্থক্য নাই। এখানে আমরা শব্দ দুইটি বিভিন্ন অর্থে ব্যবহার করিতেছি। পদার্থের একমুখী বিভাজনকে বলা হইয়াছে বিযোজন, কিন্তু বিভাজনটি যদি উভমুখী হয় তবে উহাকে বিয়োজন বলা হইবে।

১৩-৪। তড়িৎ-বিশ্লেষণঃ দ্রবণের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালনা করিলে দ্রাবের অণুগুলি বিশ্লিষ্ট হইয়া নূতন পদার্থ উৎপন্ন করে। বিদ্যুৎ অ্যানোডের সাহায্যে দ্রবণে প্রবেশ করে এবং অ্যানোড হইতে ক্যাথোডের দিকে প্রবাহিত হয়। অতএব অ্যানোডকে আমরা **পজ্ঞা-প্রান্ত**

(positive end) এবং ক্যাথোডকে **অপরা-প্রান্ত (negative end)** বলিতে পারি। বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফলে না-ধর্মী আয়নগুলি স্বাভাবিক আকর্ষণেই বিপরীত-ধর্মী পরা-প্রান্তের দিকে এবং হাঁ-ধর্মী আয়নগুলি অপরা-প্রান্তের দিকে ধাবমান হয়। অ্যানায়নগুলি যখন পরাবিদ্যুৎ-সম্পন্ন অ্যানোডের উপর আসিয়া পড়ে তখন উহাদের অপরা-বিদ্যুৎ লোপ পায় এবং উহারা বিদ্যুৎহীন কণা বা পরমাণুতে পরিণত হয়। ক্যাথোডেও এইভাবেই ক্যাটায়নগুলি বিদ্যুৎহীন হইয়া পরমাণু বা কণাতে রূপান্তরিত হইয়া থাকে। ফলে দুইটি তড়িৎ-দ্বারে পদার্থটি দুইটি নূতন পদার্থে বিশ্লেষিত হইয়া পড়ে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ সর্বত্রই এইভাবে হয়।

প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে জিঙ্ক ক্লোরাইড দ্রবণে বিদ্যুৎ-প্রবাহ সঞ্চারিত করিলে জিঙ্ক ক্যাটায়ন ক্যাথোডে গিয়া দুইটি অপরা-বিদ্যুতের একক-সহযোগে জিঙ্ক পরমাণুতে পর্যবসিত হয়। ক্লোরিন অ্যানায়ন অ্যানোডে যাইয়া একটি অপরা-বিদ্যুতের একক পরিত্যাগ পূর্বক ক্লোরিন পরমাণু এবং অবশেষে ক্লোরিন অণুতে পরিণত হয়। এইভাবে জিঙ্ক ক্লোরাইড তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট হইয়া জিঙ্ক ও ক্লোরিন উৎপন্ন করে,



$ZnCl_2 = Zn^{++} + 2Cl^-$ $\qquad$ $2Cl^- - 2e = 2Cl$



$Zn^{++} + 2e = Zn,$ $\qquad$ $Cl + Cl = Cl_2.$

"e" = অপরা-বিদ্যুৎ একক (unit of negative electricity)।

জিঙ্ক ক্লোরাইডের পরিবর্তে জিঙ্কের যে-কোন দ্রবণীয় লবণ, যথা—জিঙ্ক সালফেট, জিঙ্ক নাইট্রেট প্রভৃতি তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় সর্বদাই জিঙ্ক ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়। ক্যাথোড অপরা-বিদ্যুৎবাহী। অতএব, জিঙ্ক আয়ন সব সময়ই হাঁ-ধর্মী বা পরাবিদ্যুৎ-যুক্ত হইবে।

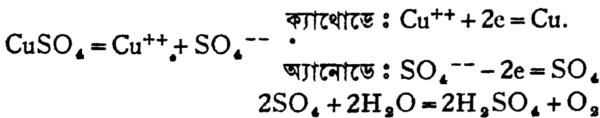
আবার জিঙ্ক ক্লোরাইড না লইয়া যে কোনও ধাতুর দ্রবণীয় ক্লোরাইড যথা—পটাসিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম ক্লোরাইড, কপার ক্লোরাইড প্রভৃতি লইলে সর্বদাই ক্লোরিন অ্যানোডে নির্গত হয়। অ্যানোড পরা-বিদ্যুৎবাহী। সুতরাং, সর্বদাই ক্লোরিন আয়ন না-ধর্মী বা অপরা-বিদ্যুৎবাহী হইবে।

বাস্তবিক পক্ষে দেখা গিয়াছে, জিঙ্ক এবং অন্যান্য যে-কোন ধাতুর আয়ন এবং হাইড্রোজেনের আয়ন সকল সময়েই হাঁ-ধর্মী বা পরা-বিদ্যুৎ-সম্পন্ন হইয়া থাকে। পক্ষান্তরে সমস্ত অধাতু-পদার্থের আয়ন অপরা-বিদ্যুৎ-সম্পন্ন বা না-ধর্মী হয়।

এই কারণে হাইড্রোজেন এবং ধাতব মৌলসমূহকে **পরা-বিদ্যুৎবাহী (electro-positive)** এবং হাইড্রোজেন ব্যতীত অন্যান্য অধাতব মৌলিক পদার্থগুলিকে **অপরা-বিদ্যুৎবাহী (electro-negative)** বলিয়া গণ্য করা হয়।

বিভিন্ন পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে কি কি বস্তু উৎপন্ন হইবে তাহা যে কেবলমাত্র সেই পদার্থের উপর নির্ভর করে, তাহা নয়। পরন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষণ-কালীন অবস্থার উপরও নির্ভর করে। অনেক সময়েই তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে যে পদার্থটি তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন হয় তাহা পরে দ্রাবক অথবা তড়িৎ-দ্বারের ধাতুর সহিত বিক্রিয়ার ফলে আবার নূতন রকম পদার্থে পরিণত হইয়া যায়। কয়েকটি উদাহরণ হইতেই বুঝা যাইবে।

কপার সালফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : বিয়োজনের ফলে কপার সালফেট দ্রবণে Cu^{++} ক্যাটায়ন এবং SO_4^{--} অ্যানায়ন থাকে। দুইটি প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে এই দ্রবণে বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে ক্যাথোডে কপার নির্গত হয়। অ্যানোডে SO_4^{--} আয়ন গিয়া উহার অপরা-বিদ্যুৎ পরিত্যাগ করিয়া SO_4 যৌগিক-মূলকে পরিণত হয়। কিন্তু SO_4 যৌগিক-মূলক, উহার পৃথক অস্তিত্ব নাই। উহা জলের সহিত তৎক্ষণাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্বারা অক্সিজেন উৎপন্ন করে। অক্সিজেন অ্যানোড হইতে বাহির হইতে থাকে।



$$CuSO_4 = Cu^{++} + SO_4^{--}$$

ক্যাথোডে : $Cu^{++} + 2e = Cu.$

অ্যানোডে : $SO_4^{--} - 2e = SO_4$

$$2SO_4 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + O_2$$

∴ প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার সাহায্যে কপার সালফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণে কপার ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।

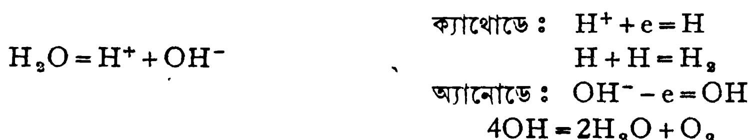
কিন্তু তড়িৎ-দ্বার দুইটি যদি প্লাটিনামের পরিবর্তে কপারের তৈয়ারী হয় তাহা হইলে SO_4 যৌগমূলক জলের সঙ্গে বিক্রিয়া না করিয়া কপার অ্যানোডের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে এবং কপার সালফেট উৎপন্ন করে। ফলে অ্যানোডের কপার দ্রবীভূত হইয়া থাকে।



$$SO_4 + Cu = CuSO_4$$

∴ কপারের তড়িৎ-দ্বার সাহায্যে কপার সালফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে কপার পাওয়া যায় এবং অ্যানোডের কপার দ্রবীভূত হয়।

জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : জল সুপরিবাহী না হইলেও উহার ভিতর বিদ্যুৎ চলাচল করিতে পারে; জল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য। উহার কতক অণু বিয়োজনের ফলে H^+ ক্যাটায়ন এবং OH^- অ্যানায়ন সৃষ্টি করে; ($H_2O = H^+ + OH^-$)। বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফলে OH^- অ্যানায়ন অ্যানোডে গিয়া উহার অপরা-বিদ্যুৎভার পরিত্যাগ করে এবং OH যৌগিক মূলকে পরিণতি লাভ করে। পরে OH যৌগিক মূলকগুলি সংযুক্ত হইয়া জল এবং অক্সিজেন উৎপন্ন করে। সুতরাং অ্যানোডে আমরা অক্সিজেন নির্গত হইতে দেখি। ক্যাথোডে অবশ্যই H^+ আয়ন মুক্তি লাভ করিয়া প্রথমে হাইড্রোজেন পরমাণু এবং পরে হাইড্রোজেন অণুতে পরিণত হয়। অতএব জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণেও আমরা হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন পাই।



$$H_2O = H^+ + OH^-$$

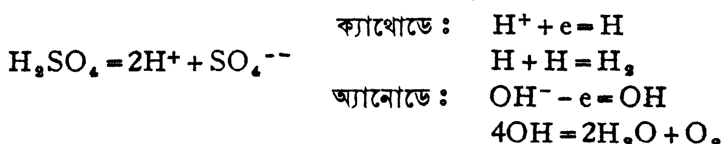
ক্যাথোডে : $H^+ + e = H$

$H + H = H_2$

অ্যানোডে : $OH^- - e = OH$

$4OH = 2H_2O + O_2$

সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণে H^+ ক্যাটায়ন এবং SO_4^{--} অ্যানায়ন আছে। প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে, H^+ ক্যাটায়ন-গুলি ক্যাথোডে গিয়া অপরা-বিদ্যুৎ গ্রহণ করে এবং হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। দুইটি পরমাণু পরে একত্রিত হইয়া হাইড্রোজেন অণু গঠন করে এবং ক্যাথোড হইতে হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া থাকে। লঘু দ্রবণে SO_4^{--} এবং জলের OH^- অ্যানায়ন উভয়েই বর্তমান। প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার থাকিলে সাধারণতঃ OH^- অ্যানায়ন অ্যানোডে নিপাতিত হয় এবং উহা হইতে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। সুতরাং লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।



$$H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{--}$$

ক্যাথোডে : $H^+ + e = H$

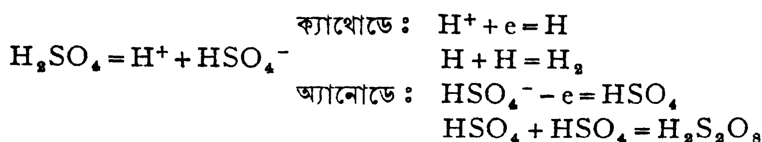
$H + H = H_2$

অ্যানোডে : $OH^- - e = OH$

$4OH = 2H_2O + O_2$

কিন্তু লঘু অ্যাসিডের পরিবর্তে যদি খুব গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয় এবং বিদ্যুৎ-প্রবাহের মাত্রা যদি বেশী দেওয়া যায়, তাহা হইলে বিশ্লিষ্ট

পদার্থগুলি ভিন্ন রকমের হইয়া থাকে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর H^+ এবং HSO_4^- আয়ন থাকে। বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফলে ক্যাথোডে যথারীতি হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় কিন্তু অ্যানোডে HSO_4^- অ্যানায়ন বিদ্যুৎভার মুক্ত হইয়া HSO_4 যৌগিক-মূলকে পরিণত হয়। উত্তরকালে দুইটি মূলক সংযুক্ত হইয়া $H_2S_2O_8$ পারসালফিউরিক অ্যাসিডের অণুর সৃষ্টি করে।



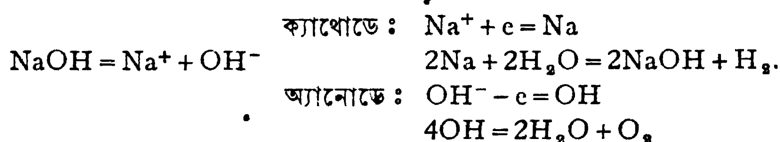
ক্যাথোডে : $H^+ + e = H$

$H_2SO_4 = H^+ + HSO_4^-$ $\qquad H + H = H_2$

অ্যানোডে : $HSO_4^- - e = HSO_4$

$HSO_4 + HSO_4 = H_2S_2O_8$

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ : সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণে Na^+ এবং OH^- আয়ন বর্তমান। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে OH^- আয়ন অ্যানোডে গিয়া যথারীতি অক্সিজেন উৎপাদন করে। Na^+ আয়ন ক্যাথোডে গিয়া অপরা-বিদ্যুতের সাহায্যে সোডিয়াম পরমাণুতে পরিবর্তিত হয়। সোডিয়াম পরমাণু তৎক্ষণাৎ জলের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ফলে, সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে আমরা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাই।



ক্যাথোডে : $Na^+ + e = Na$

$NaOH = Na^+ + OH^-$ $\qquad 2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2.$

অ্যানোডে : $OH^- - e = OH$

$4OH = 2H_2O + O_2$

জলীয় দ্রবণের পরিবর্তে গলিত অবস্থায় সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে তড়িৎ-প্রবাহ দিলে, ক্যাথোডে যে সোডিয়াম-উৎপন্ন হইবে তাহার আর কোন গৌণ বিক্রিয়ার সম্ভাবনা থাকিবে না এবং ধাতব সোডিয়ামই পাওয়া যাইবে।

এই সমস্ত ফলাফল হইতে স্পষ্টই বুঝা যাইতেছে, দ্রাব্য, দ্রাবক, দ্রবণের গাঢ়তা, তড়িৎ-দ্বারের বস্তু, তড়িৎ-প্রবাহের মাত্রা প্রভৃতির উপর তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফল নির্ভর করে।

বিদ্যুতের পরিমাণের একককে বলে **কুলম্ব (Coulomb)**। কিন্তু বিদ্যুৎ-প্রবাহ মাপিবার জন্য যে একক ব্যবহৃত হয় তাহাকে **অ্যাম্পিয়ার (Ampere)** বলে। কোন পরিবাহকের ভিতর দিয়া যত বেশী মাত্রায় বিদ্যুৎপ্রবাহ দেওয়া হইবে এবং যত বেশী সময় বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইবে, বিদ্যুতের পরিমাণও

তত বেশী হইবে। যদি কোন বস্তুর ভিতর দিয়া t সেকেণ্ডের জন্য 'c' অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎপ্রবাহ চলিতে Q কুলম্ব পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োজন হয় তাহা হইলে,

$$Q = c \times t.$$

$$\therefore \text{কুলম্ব} = \text{অ্যাম্পিয়ার} \times \text{সেকেণ্ড।}$$

তড়িৎ-বিশ্লেষণে বিদ্যুৎ-ব্যয় এই হিসাবেই গণনা করা হয়।

১৩-৫। ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র (Faraday's Laws of Electrolysis) ঃ তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন পদার্থ-সমূহের পরিমাণ সম্বন্ধে বিভিন্ন পরীক্ষা দ্বারা ফ্যারাডে ১৮৩২ সালে দুইটি সূত্রের আবিষ্কার করেন। সাধারণ পরীক্ষা করিলেই দেখা যাইবে, যত বেশী পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োগ করা যায়, কোন পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণের পরিমাণও তত বেশী হয়, অর্থাৎ বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণও তত অধিক হয়। আবার একই পরিমাণ বিদ্যুৎ দ্বারা যদি বিভিন্ন পদার্থ বিয়োজিত করা হয়, তাহা হইলে উৎপন্ন পদার্থগুলির পরিমাণ কখনও এক হইতে পারে না। তড়িৎ-বিশ্লেষণের এই দুইটি মূল কথাই ফ্যারাডে সূত্রাকারে প্রচার করেন।

প্রথম সূত্র ঃ "তড়িৎ-বিশ্লেষণজাত পদার্থের ওজন তড়িতের পরিমাণের সমানুপাতে বাড়ে বা কমে।"

অর্থাৎ, কোন পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণে যদি Q কুলম্ব তড়িৎ-প্রয়োগে W গ্রাম ওজনের একটি পদার্থ উৎপন্ন হয়, তবে,

$$W \propto Q, \text{ অথবা } W = Z \times Q = Zct$$

$$(Z = \text{একটি নিত্য-সংখ্যা।})$$

ইহা হইতে দুইটি নির্দেশ পাওয়া সম্ভব। (ক) যদি বিভিন্ন পদার্থ বিশ্লেষণে কোন একটি নির্দিষ্ট পদার্থ পাওয়া যায়, সম-পরিমাণ বিদ্যুতের প্রয়োগ করিলে একই পরিমাণ ওজনের সেই পদার্থ উৎপন্ন হইবে। জল অথবা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যাহাই লওয়া হউক, এক কুলম্ব বিদ্যুতের দ্বারা সর্বদাই একই পরিমাণ হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে।

(খ) একই পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োগ করিলেও বিভিন্ন পদার্থ হইতে বিশ্লেষণের ফলে যে বিভিন্ন পদার্থ পাওয়া যাইবে তাহাদের ওজন বিভিন্ন হইবেই। অর্থাৎ সর্বদাই Q কুলম্ব বিদ্যুৎ ব্যয় করিলেও W গ্রামের পরিমাণ বিভিন্ন পদার্থের

ক্ষেত্রে বিভিন্ন। অতএব Z অর্থাৎ নিত্য-সংখ্যার পরিমাণ বিভিন্ন পদার্থের ক্ষেত্রে বিভিন্ন।

$$Z = \frac{W}{Q}, \text{ যদি } Q = ১ \text{ কুলম্ব হয়, তবে } Z = W$$

অতএব, এক কুলম্ব বিদ্যুতের প্রয়োগে যে পরিমাণ পদার্থ উৎপন্ন হইবে তাহার ওজন 'Z'-এর সমান হইবে। সুতরাং কোন বস্তুর 'Z' বলিতে এক কুলম্ব বিদ্যুতের সাহায্যে ঐ পদার্থটি যে পরিমাণে অ্যানোডে বা ক্যাথোডে সঞ্চিত হয় তাহাই বুঝায়। ইহাকে (Z) **'তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক' (Electro-chemical Equivalent)** বলে।

এক কুলম্ব বিদ্যুৎ দ্বারা হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ হইতে ·০০০০১০৪ গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। সুতরাং হাইড্রোজেনের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক = ·০০০০১০৪।

সিলভারের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক = ·০০১১১৮। অর্থাৎ এই পরিমাণ সিলভার কোন সিলভারের যৌগিক পদার্থ হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা পাইতে হইলে এক কুলম্ব বিদ্যুতের প্রয়োজন হইবে।

এখন, একই পরিমাণ (Q) বিদ্যুৎ প্রয়োগে যদি W_1 এবং W_2 গ্রাম ওজনের দুইটি পদার্থ তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন হয় তাহা হইলে

$W_1 = Z_1 Q$ এবং $W_2 = Z_2 Q$

(Z_1, Z_2, পদার্থদ্বয়ের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক)

$$\therefore \frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

দ্বিতীয় সূত্র: "বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়া একই পরিমাণ তড়িৎ প্রেরণ করিলে, বিশ্লিষ্ট পদার্থগুলির ওজনের পরিমাণ উহাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতে হয়।"

চিত্র ১৩৪—বিভিন্ন পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণ

পৃথকভাবে চারিটি পাত্রে যথাক্রমে জল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সিলভার নাইট্রেট, কপার সালফেট দ্রবণ লইয়া একটি ব্যাটারী হইতে (চিত্র ১৩খ) একই বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালনা করিলে নির্দিষ্ট সময় পরে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন, সিলভার, কপার প্রভৃতি, ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত হইবে। ইহাদের ওজনের পরিমাণ বিভিন্ন হইবে এবং প্রত্যেকের পরিমাণগুলি নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক অনুযায়ী হইবে।

অতএব, দুইটি পদার্থের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যদি E_1 এবং E_2 হয় এবং Q কুলম্ব বিদ্যুতের সাহায্যে W_1 এবং W_2 গ্রাম পদার্থ পাওয়া যায় তবে

$$\frac{W_1}{W_2}=\frac{E_1}{E_2}$$

১৩-৬। রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ঃ প্রথম সূত্র হইতে আমরা দেখিয়াছি,

$$\frac{W_1}{W_2}=\frac{Z_1}{Z_2}.$$

এবং দ্বিতীয় সূত্র অনুসারে, $\frac{W_1}{W_2}=\frac{E_1}{E_2}.$

নির্দিষ্ট পরিমাণ বিদ্যুৎ-প্রয়োগে যে পরিমাণ পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা পরীক্ষা-দ্বারা স্থির করা যায়। অতএব, $W=Zct$, এই সূত্রের সাহায্যে তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ সম্ভব।

সুতরাং, $\frac{E_1}{E_2}=\frac{Z_1}{Z_2}$

(E_1, E_2, রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক, এবং Z_1, Z_2 তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক)।

মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক যেমন নির্দিষ্ট সংখ্যা, তেমনই উহাদের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্কও নির্দিষ্ট। অতএব উপরোক্ত সমীকরণের সাহায্যে আমরা সহজেই রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করিতে পারি।

(১) সিলভারের ও অক্সিজেনের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে ·০০১১১৮ এবং ·০০০০৮২৮। অক্সিজেনের রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক = ৮।

অতএব, $\frac{E_{Ag}}{E_{O_2}}=\frac{Z_{Ag}}{Z_{O_2}}$

∴ সিলভারের রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক,

$$E_{Ag}=\frac{Z_{Ag}}{Z_{O_2}}\times E_{O_2}$$

$$=\frac{\cdot ০০১১১৮}{\cdot ০০০০৮২৮}\times ৮ \quad =১০৮$$

(২) আবার, হাইড্রোজেনের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক = ·০০০০১০৪ এবং রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক = ১, অতএব,

$$\frac{E_{Ag}}{E_H} = \frac{Z_{Ag}}{Z_H}$$

অথবা $E_{Ag} = \frac{Z_{Ag}}{Z_H} \times E_H = \frac{Z_{Ag}}{·০০০০১০৪} \times ১$

অর্থাৎ $Z_{Ag} = E_{Ag} \times$ ·০০০০১০৪

কোন মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক দ্বারা হাইড্রোজেনের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক গুণ করিলে উহার তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক পাওয়া যায়।

প্রতি কুলম্ব বিদ্যুৎ দ্বারা যে পরিমাণ মৌলিক পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাই তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক। অতএব এক 'গ্রাম-তুল্যাঙ্ক' পরিমাণ (Gram-equivalent) মৌলিক পদার্থ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন করিতে কত কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রয়োজন তাহা অনায়াসেই নির্ধারণ করা সম্ভব। (গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলিতে পদার্থের তুল্যাঙ্ক-সংখ্যক গ্রাম ওজনের মৌলিক পদার্থ বুঝায়)। নিম্নে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল।

মৌলিক পদার্থ	গ্রাম-তুল্যাঙ্ক	তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক	বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ১ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পদার্থ উৎপন্ন করিতে কুলম্ব প্রয়োজন
H	১·০০৮	·০০০০১০৪	$\frac{১·০০৮}{·০০০০১০৪}$ = ৯৬৪৯৬
Ag	১০৭·৮৮	·০০১১১৮	$\frac{১০৭·৮৮}{·০০১১১৮}$ = ৯৬৪৯৫
O	৮·০	·০০০০৮২৯	$\frac{৮}{·০০০০৮২৯}$ = ৯৬৪৯৫
Cu	৩১·৭৮	·০০০৩২৯৪	$\frac{৩১·৭৮}{·০০০৩২৯৪}$ = ৯৬৪৯৪

সুতরাং দেখা যাইতেছে, বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় যে-কোন মৌলিক পদার্থের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ উৎপন্ন করিতে একই পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োজন = ৯৬,৪৯৫ কুলম্ব এবং এই বিদ্যুৎ পরিমাণকে সাধারণতঃ **'এক ফ্যারাডে'** বিদ্যুৎ বলা হয়।

পক্ষান্তরে একথা বলা যাইতে পারে, যে-কোন মৌলিক পদার্থের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক আয়নের বিদ্যুৎভার ৯৬৪৯৫ কুলম্ব। অর্থাৎ ১ গ্রাম হাইড্রোজেনের

আয়ন এবং ৩১'৭৮ গ্রাম কপারের আয়ন উভয়েই ৯৬৪৯৫ কুলম্ব বিদ্যুৎ বহন করে। আবার—

এক গ্রাম পরমাণু = এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক × যোজ্যতা

অথবা এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = $\frac{\text{এক গ্রাম-পরমাণু}}{\text{যোজ্যতা}}$

কপারের যোজ্যতা ২, অতএব ১ গ্রাম হাইড্রোজেন আয়নে যতটা আয়ন আছে, ৩১'৭৮ গ্রাম কপার আয়নে তাহার অর্ধেক সংখ্যক আয়ন আছে। সুতরাং ১টি কপার আয়নে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ বর্তমান ২টি হাইড্রোজেন আয়নেও সেই পরিমাণ বিদ্যুৎ আছে। প্রতি হাইড্রোজেন আয়নে পরা-বিদ্যুতের একটি একক থাকে। অতএব একটি কপারের আয়নে দুইটি পরা-বিদ্যুতের একক থাকে।

সুতরাং যে মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা যত, উহার আয়নে বিদ্যুতের এককও তত-সংখ্যক। ক্লোরিনের যোজ্যতা এক, উহার আয়নে অপরা-বিদ্যুতের একটি একক আছে। বেরিয়ামের যোজ্যতা দুই, উহার আয়নে পরা-বিদ্যুতের দুইটি একক আছে।

পূর্বেই বলিয়াছি সমস্ত ধাতব মৌল এবং হাইড্রোজেন পরা-বিদ্যুৎবাহী। হাইড্রোজেন ব্যতীত অন্যান্য অধাতব মৌলগুলি অপরা-বিদ্যুৎবাহী।

তড়িৎ-বিশ্লেষণে পরা-বিদ্যুৎবাহী মৌলগুলির আয়ন ক্যাথোডে যায় এবং সেখান হইতে অপরা-বিদ্যুৎ গ্রহণ (electron) করিয়া তড়িৎ-উদাসী পরমাণুতে পরিণত হয়। এই অপরা-বিদ্যুৎ গ্রহণ-ক্ষমতা সব ধাতুর সমান নহে। এই ক্ষমতা অনুযায়ী মৌলগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করা হইয়াছে। নীচে সেই তাড়িত-রাসায়নিক বৈভব শ্রেণীটি (electro-chemical series) দেওয়া হইল।

পক্ষান্তরে, অপরা-বিদ্যুৎবাহী অধাতব মৌলগুলির আয়ন অ্যানোডে অপরা-বিদ্যুৎ পরিত্যাগ করিয়া তড়িৎ-উদাসী পরমাণুতে পরিণতি লাভ করে। তদনুযায়ী উহাদেরও একটি সারণী দেওয়া হইল।

পরা-বিদ্যুৎবাহী মৌল		অপরা-বিদ্যুৎবাহী মৌল
পটাসিয়াম	নিকেল	ফ্লোরিন
সোডিয়াম	টিন	অক্সিজেন
বেরিয়াম	লেড	ক্লোরিন
ক্যালসিয়াম	হাইড্রোজেন	ব্রোমিন
ম্যাগনেসিয়াম	কপার	আয়োডিন
অ্যালুমিনিয়াম	মারকারি	সালফার
জিঙ্ক	সিলভার	ফসফরাস
আয়রন	গোল্ড	নাইট্রোজেন
		কার্বন

অনুশীলনী

১। ফ্যারাডের সূত্র সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

২। তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্ক কিভাবে নির্ণয় করা যাইতে পারে উদাহরণ সহ বুঝাইয়া দাও।

৩। "তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক", "আয়ন", এবং "ফ্যারাডে"—এই তিনটি কথার অর্থ কি ?

৪। এক ঘণ্টার জন্য এক অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতরে পরিচালনা করিলে প্রমাণ অবস্থায় উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন কত হইবে ?

৫। ১'৫ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ ৩০ মিনিট পরিচালনার ফলে একটি লবণের দ্রবণ হইতে ধাতু সঞ্চিত হইয়া ক্যাথোডের ওজন '৮৮৯৮ গ্রাম বৃদ্ধি পাইয়াছে। ধাতুটি দ্বিযোজী, উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

৬। একই বিদ্যুৎ-প্রবাহ টিন ক্লোরাইড দ্রব এবং জলের ভিতর দিয়া পরিচালনা করা হইয়াছে। ১ গ্রাম টিন বিশ্লিষ্ট হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়, তাহার আয়তন কত ?

৭। পটাসিয়াম আয়োডাইড, কপার সালফেট, গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এই তিনটি দ্রবণের ভিতর হইতে এক ফ্যারাডে বিদ্যুৎ দ্বারা কি কি পদার্থ কত পরিমাণে পাওয়া যাইবে ?

৮। লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড, কপার সালফেট দ্রবণ এবং সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ দিলে কোন্ কোন্ পদার্থ পাওয়া যাইবে ? (ক) ০'১ গ্রাম কপার যখন বিযোজিত হইবে, এবং (খ) ০'১৫ গ্রাম সিলভার যখন বিযোজিত হইবে, তখন উৎপন্ন হাইড্রোজেনের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন কত হইবে ? (কলিকাতা বিঃ, ১৯৪০)

৯। কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়া এক ঘণ্টা ১'৮৬৪ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়ার ফলে ২'২১৮ গ্রাম কপার উৎপন্ন হইল। কপারের তাড়িত রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক কত ?

১০। একটি ডেনিয়েল সেলের ব্যাটারী হইতে কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর বিদ্যুৎপ্রবাহ দেওয়ার ফলে এক ঘণ্টায় ৩১'৫ গ্রাম কপার উৎপন্ন হইল। ব্যাটারীর ভিতর এই সময়ে কত পরিমাণ কপার উৎপন্ন হইল এবং কি পরিমাণ জিঙ্ক দ্রবীভূত হইল ? [Cu=৬৩ , Zn=৬৫]

১১। "তড়িৎ-বিয়োজন বাদ" সম্পর্কে একটি সংক্ষিপ্ত বিবরণ লিখ। সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের ভিতর দিয়া ২'১ অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎপ্রবাহ ২০ মিনিট পরিচালনা করিলে কতটুকু সিলভার ক্যাথোডে সঞ্চিত হইবে ? (বারাণসী, ১৯৩৩)

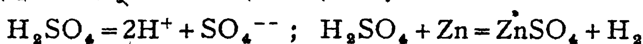
১২। মৌলিক পদার্থের তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলিতে কি বুঝায় ? সিলভারের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক '০০১১১৮ হইলে অক্সিজেনের তাড়িত-রাসায়নিক-তুল্যাঙ্ক কত ? (Ag=১০৮) (কলিকাতা বিঃ, ১৯৪৮)

চতুর্দশ অধ্যায়

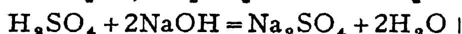
অম্ল, ক্ষারক ও লবণ

১৪-১। অম্ল বা অ্যাসিডঃ অ্যাসিড মাত্রই হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ। ধাতু দ্বারা ইহাদের হাইড্রোজেন সম্পূর্ণ বা আংশিক ভাবে প্রতিস্থাপনীয়। ধাতুর অনুরূপ ব্যবহারী যৌগমূলক দ্বারাও অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করা যায়। অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে উহার অণুগুলি বিয়োজিত হইয়া এক বা একাধিক হাইড্রোজেন আয়নের সৃষ্টি করে। অ্যাসিড সর্বদাই ক্ষারক দ্রব্যের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া জল এবং লবণ উৎপন্ন করে। অ্যাসিড সাধারণতঃ অম্লস্বাদযুক্ত হয় এবং উহা নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিণত করিতে পারে। কোন পদার্থে এই সমস্ত ধর্ম বর্তমান থাকিলেই উহাকে অ্যাসিড বলা যাইতে পারে।

সালফিউরিক অ্যাসিড নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিণত করে। ইহাতে হাইড্রোজেন বর্তমান এবং জলীয় দ্রবণে এই হাইড্রোজেন আয়নিত হইয়া থাকে। ধাতু এবং ক্ষারের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া যে পদার্থ হয় তাহাতে ইহার হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।



$$H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{--}\ ;\quad H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$$



$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O\ ।$$

বস্তুতঃ যে-কোন পদার্থের দ্রবণে যদি H^+ আয়ন উৎপন্ন হয় তাহা হইলে উহাকে আম্লিক বা অ্যাসিডিক বলা যাইতে পারে।



যেমন, $NaHSO_4 = Na^+ + H^+ + SO_4^{--}$

যদিও $NaHSO_4$ একটি লবণ, উহাকে আম্লিক লবণ বলা হয়।

অ্যাসিডসমূহ দুইভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে :

(১) **হাইড্রো-অ্যাসিড**—ইহাতে যথারীতি হাইড্রোজেন আছে, কিন্তু কোন্ অক্সিজেন নাই। ইহাদের নামের পূর্বে 'হাইড্রো' শব্দ যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। যেমন HCl, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, HCN, হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

(২) **অক্সি-অ্যাসিড**—ইহাতে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন দুই-ই বর্তমান। এই সকল অ্যাসিডে আর একটি অধাতু থাকে, তাহার নামানুসারে ইহাদের নামকরণ হয়। অক্সিজেনের অনুপাত কম বা বেশী থাকিলে **-য়াস** এবং **-ইক** নামের সঙ্গে যুক্ত হয়। যথা—

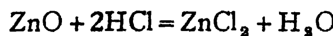
HNO_3 নাইট্রিক অ্যাসিড	HNO_2 নাইট্রাস অ্যাসিড
H_2SO_4 সালফিউরিক অ্যাসিড	H_2SO_3 সালফিউরাস অ্যাসিড
H_3PO_4 ফসফরিক অ্যাসিড	H_3PO_3 ফসফরাস অ্যাসিড

যে সমস্ত যৌগিক পদার্থ অক্সিজেন এবং অপর একটি মৌলিক পদার্থের সংযোগে গঠিত তাহাদিগকে অক্সাইড বলা হয়। যে সকল যৌগিক পদার্থের অণুতে 'হাইড্রক্সিল' (OH) যৌগিক মূলক আছে, তাহাদিগকে হাইড্রক্সাইড বলে।

MgO—ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড, $NaOH$—সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড।

CaO—ক্যালসিয়াম অক্সাইড, $Ca(OH)_2$—ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড।

১৪-২। ক্ষারক (Base): সাধারণতঃ ধাতব মৌলের অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইডসমূহকে **ক্ষারক** বলা হয়। ইহাদের প্রধান ধর্ম অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া দ্বারা জল এবং লবণ উৎপন্ন করা হয়।



$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$

ক্ষারক অ্যাসিড লবণ জল



$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O$$

ক্ষারক অ্যাসিড লবণ জল

অ্যামোনিয়া, ফসফিন প্রভৃতি কতকগুলি পদার্থ কোন ধাতুর অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড নয় এবং যদিও উহারা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে লবণ উৎপন্ন করে, কিন্তু কোন জল প্রস্তুত হয় না। সংজ্ঞা অনুসারে ঠিক না হইলেও, ইহাদের ক্ষারক বলিয়াই মনে করা হয়। যথা—$NH_3 + HCl = NH_4Cl$

ক্ষার (Alkalies): কোন কোন ক্ষারকীয় হাইড্রক্সাইড জলে দ্রবীভূত হয়। সেই সকল দ্রবণে ক্ষারক সর্বদাই বিয়োজিত হইয়া **হাইড্রক্সিল** (OH^-) আয়ন উৎপন্ন করে। এই সকল ক্ষারকীয় পদার্থের দ্রবণকে কেবলমাত্র **'ক্ষার'** বলা হয়। ক্ষার অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে লবণ এবং জল উৎপন্ন করে, লাল রঙের লিটমাসকে নীল রঙে পরিণত করে। সচরাচর এই সকল দ্রবণ স্পর্শ

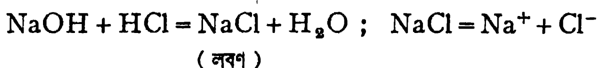
করিলে পিচ্ছিল বলিয়া মনে হয়। $NaOH$, KOH, NH_4OH প্রভৃতি ক্ষার বলিয়া গণ্য হয়। ক্ষার মাত্রই ক্ষারক, কিন্তু সমস্ত ক্ষারক ক্ষার নহে।

যে সমস্ত ক্ষারকীয় পদার্থ জলে দ্রবীভূত হয় তাহারা হাইড্রক্সাইড ক্ষারে পরিণত হয়। দ্রবণে এই সকল হাইড্রক্সাইড বিয়োজিত হইয়া সর্বদাই হাইড্রক্সিল আয়ন উৎপন্ন করে।

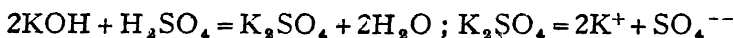
CaO ক্ষারক, জলে ইহা দ্রবীভূত হইয়া $Ca(OH)_2$ ক্ষারে পরিণত হয় এবং বিয়োজিত হইয়া OH^- আয়ন সৃষ্টি করে। $Ca(OH)_2 = Ca^{++} + 2OH^-$।

১৪-৩। প্রশমন-ক্রিয়া (Neutralisation): অ্যাসিড ও ক্ষারক একত্র হইলেই রাসায়নিক বিক্রিয়া হইয়া থাকে। বিক্রিয়ার ফলে লবণ ও জল উৎপন্ন হয়। এই লবণ ও জলের কোন ক্ষারকত্ব বা অম্লত্ব থাকে না। অতএব অ্যাসিড ক্ষারকীয় পদার্থের ক্ষারকত্ব দূর করে এবং ক্ষারক ও অ্যাসিডের অম্লত্ব প্রশমিত করিয়া থাকে। অ্যাসিড এবং ক্ষারকের এই স্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়াকে **প্রশমন-ক্রিয়া** বলা হয়।

প্রশমন-ক্রিয়ার ফলে যে লবণ উৎপন্ন হয়, সেগুলি দ্রবীভূত অবস্থায় বিদ্যুৎ-পরিবাহী হয় এবং বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। যেমন,



$$NaOH + HCl = \underset{\text{(লবণ)}}{NaCl} + H_2O\ ;\ \ NaCl = Na^+ + Cl^-$$



$$2KOH + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2H_2O\ ;\ K_2SO_4 = 2K^+ + SO_4^{--}$$

অতএব এই সকল বিক্রিয়াকে আমরা আয়নের সাহায্যে লিখিতে পারি। যথা :—



$$Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^- = Na^+ + Cl^- + H_2O$$

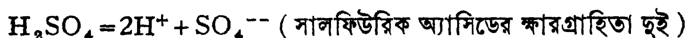


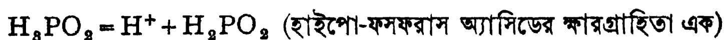
অথবা, $$2K^+ + 2OH^- + 2H^+ + SO_4^{--} = 2K^+ + SO_4^{--} + 2H_2O.$$

দেখা যাইতেছে যে কোন অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমন ক্রিয়াতে কেবল H^+ আয়নের সহিত OH^- আয়নের মিলন সম্পাদিত হয়।

১৪-৪। অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা এবং ক্ষারকের অম্লগ্রাহিতা (Basicity of an acid and acidity of a base): বিভিন্ন অ্যাসিডের ক্ষারকত্ব-প্রশমন-ক্ষমতা এক নয়। অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা বলিতে এই ক্ষারকত্ব-প্রশমন-ক্ষমতা বুঝায়। অ্যাসিডের প্রতিটি অণু হইতে যে কয়টি হাইড্রোজেন আয়ন উৎপন্ন হয় অথবা যে কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু

প্রতিস্থাপিত হইতে পারে, সেই সংখ্যা দ্বারা অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা নির্দেশ করা হয়।


$H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{--}$ (সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা দুই)


$H_3PO_2 = H^+ + H_2PO_2$ (হাইপো-ফসফরাস অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা এক)

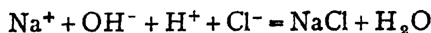
সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারিক, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এক-ক্ষারিক।

সেইরকম বিভিন্ন ক্ষারকের অ্যাসিড-প্রশমন-ক্ষমতাও এক হয় না। একটি সালফিউরিক অ্যাসিডের অণু প্রশমন করিতে পৃথকভাবে একটি ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং দুইটি সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড অণুর প্রয়োজন হয়। ক্ষারের দ্রবণে প্রতি অণু হইতে যে কয়টি $(OH)^-$ হাইড্রক্সিল আয়ন-এর সৃষ্টি হয় তদ্দ্বারা উহার অম্ল-গ্রাহিতা নির্দেশ করা হয়।


$$Ca(OH)_2 = Ca^{++} + 2OH^-$$

সুতরাং ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের অম্লগ্রাহিতা দুই। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড একাম্লিক, ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্বি-আম্লিক ইত্যাদি।

১৪-৫। লবণ (Salt) : অ্যাসিড এবং ক্ষারকের বিক্রিয়াতে জলের সহিত অপর যে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকেই লবণ বলে। অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণের সৃষ্টি হয়। অ্যাসিড ও ক্ষারকের প্রশমন-ক্রিয়া হইতে স্পষ্টই বুঝা যায়, ক্ষারকের পরাবিদ্যুৎবাহী অংশ অ্যাসিডের অপরাবিদ্যুৎবাহী অংশের সহিত মিলিত হইয়া লবণ গঠন করিয়া থাকে।


$$\underbrace{Na^+ + OH^-}_{\text{ক্ষারক}} + \underbrace{H^+ + Cl^-}_{\text{অ্যাসিড}} = NaCl + H_2O$$

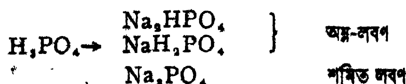
এইজন্য লবণের ধাতব অংশকে ক্ষারকীয় অংশ (basic part) এবং অপর অংশকে আম্লিক অংশ (acidic part) বলা হয়।

১৪-৬। লবণের শ্রেণী-বিভাগ : অ্যাসিডের সমস্ত হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে নরম্যাল বা **শমিত (Normal) লবণ** বলে।

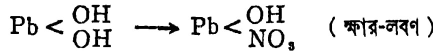

$H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4$ (শমিত লবণ)।

কিন্তু যদি আংশিকভাবে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়, তবে উৎপন্ন লবণের অণুতে এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিয়া যাইবে। এই রকম লবণকে **অম্ল-লবণ (Acid Salt)** বলে।


$H_2SO_4 \longrightarrow NaHSO_4$ (অম্ল-লবণ)।

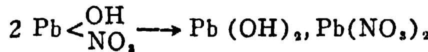

$$H_3PO_4 \rightarrow \left.\begin{matrix} Na_2HPO_4 \\ NaH_2PO_4 \end{matrix}\right\} \text{অম্ল-লবণ}$$
$$Na_3PO_4 \quad \text{শমিত লবণ}$$

ক্ষারের OH মূলককে অধাতু অথবা আম্লিক মূলক (যথা SO_4, NO_3 ইত্যাদি) দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলেও লবণ উৎপন্ন হয়। ক্ষার-অণুর সবগুলি OH মূলক যদি প্রতিস্থাপিত না হয়, কেবল আংশিক প্রতিস্থাপন করা হইলে যে লবণ পাওয়া যায় তাহাকে **ক্ষার-লবণ (Basic Salt)** বলে। যেমন :—



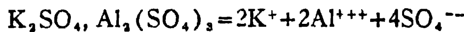
$$Pb < {OH \atop OH} \longrightarrow Pb < {OH \atop NO_3} \quad \text{(ক্ষার-লবণ)}$$

এই সকল ক্ষার-লবণকে ক্ষার এবং শমিত লবণের মিশ্রণরূপে ধরা যাইতে পারে।



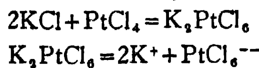
$$2\ Pb < {OH \atop NO_3} \longrightarrow Pb\,(OH)_2, Pb(NO_3)_2$$

কোন কোন ক্ষেত্রে দুইটি লবণ একত্রিত হইয়া যুক্ত অবস্থায় থাকে। যেমন, পটাসিয়াম সালফেট এবং অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবণ একত্র করিয়া কেলাসিত করিলে উহা হইতে যে স্ফটিক পাওয়া যায় তাহার সঙ্কেত $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$. অর্থাৎ প্রতিটি পটাসিয়াম সালফেট অণুর সহিত একটি অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের অণু যুক্ত আছে। ইহাদিগকে **দ্বি-ধাতুক লবণ (Double Salt)** বলে। ইহারা জলে দ্রব হইলে ইহাদের মধ্যস্থিত লবণ দুইটি স্বাধীনভাবে বিয়োজিত হইয়া নিজেদের আয়নের সৃষ্টি করে।



$$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 = 2K^+ + 2Al^{+++} + 4SO_4^{--}$$

দুইটি লবণ আবার ক্ষেত্রবিশেষে এমনভাবে যুক্ত হইয়া যাইতে পারে যে উহাদের স্বাধীন সত্তা সম্পূর্ণ লোপ পায়। একটি নূতন লবণের সৃষ্টি হয় এবং সেগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া নূতন আয়ন উৎপন্ন করে। যেমন—



$$2KCl + PtCl_4 = K_2PtCl_6$$
$$K_2PtCl_6 = 2K^+ + PtCl_6^{--}$$

ইহাদিগকে **'জটিল লবণ' (Complex Salt)** বলা যাইতে পারে। কঠিন অবস্থায় দ্বি-ধাতুক লবণ এবং জটিল লবণ, উভয়ের মধ্যেই একটি নূতন লবণের লক্ষণ দেখা যায়। কিন্তু দ্রবীভূত অবস্থায় দ্বি-ধাতুক লবণ নির্দিষ্ট আণবিক অনুপাতে মিশ্রিত উপাদান লবণ দুইটির সমসত্ত্ব মিশ্রের ন্যায় ব্যবহার করে। জটিল লবণ এরূপ অবস্থাতেও আদি বৈশিষ্ট্য বজায় রাখে।

পঞ্চদশ অধ্যায়

পরমাণুর গঠন

একটি পরমাণুর চেয়ে কম পরিমাণে কোন মৌলিক পদার্থ রাসায়নিক পরিবর্তনে অংশ গ্রহণ করিতে পারে না। বস্তুতঃ পরমাণুর ইহাই সংজ্ঞার্থ। ডাল্টনের পরমাণু-তত্ত্ব অনুসারে বিজ্ঞানীদের বিশ্বাস ছিল পরমাণু পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশ এবং অবিভাজ্য। কিন্তু বিংশ শতাব্দীর গোড়ার দিকে এমন অনেক নূতন তথ্যের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে, যাহার ফলে পরমাণুকে আর অবিভাজ্য মনে করা সমীচীন হইবে না, যদিও রাসায়নিক বিক্রিয়াতে মৌলের ক্ষুদ্রতম পরিমাণ একটি পরমাণুই।

একটি কাচের পাত্রে অতি সামান্য পরিমাণ গ্যাস রাখিয়া যদি উহাতে বিদ্যুৎশক্তি পরিচালনা করা যায়, তবে ক্যাথোড হইতে একপ্রকার রশ্মি নির্গত হয়। বৈজ্ঞানিক টম্‌সন্ পরীক্ষা করিয়া দেখান, এই রশ্মিগুলি অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র না-ধর্মী বিদ্যুৎকণার সমষ্টি। মিলিকান্ এবং টম্‌সন্ এই কণাগুলির বিশদ পরীক্ষা করিয়া ইহার ওজন, বিদ্যুৎমাত্রা প্রভৃতি স্থির করেন। দেখা গেল, প্রতিটি কণার ওজন একটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের $\frac{১}{১৮৪০}$ ভগ্নাংশ (৯×১০^{-২৮} গ্রাম) এবং প্রতিটি কণাতে অপরাবিদ্যুতের একমাত্রা বা একটি একক বর্তমান। এই সকল না-ধর্মী বিদ্যুৎবাহী কণাকে ইলেকট্রন বলা হয়, অর্থাৎ ইহারা না-ধর্মী বিদ্যুতের পরমাণু। পরন্তু আরও দেখা গিয়াছে, সকল রকম মৌলিক পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় এরূপ বিদ্যুৎ-মোক্ষণে একই না-ধর্মী কণা বা ইলেকট্রন রশ্মির সৃষ্টি হয়। রঞ্জন রশ্মির পথেও যদি কোন গ্যাসের অণু পড়ে তবে উহা হইতেও একই ইলেকট্রন সর্বদা নির্গত হয়। অতএব, ইলেকট্রন যে-কোন জড় পরমাণুর একটি সাধারণ উপাদান তাহাতে সন্দেহ নাই। মৌলিক পদার্থের পরমাণু নিত্য ও অখণ্ড—উনবিংশ শতাব্দীর এ সিদ্ধান্ত ঠিক নয়।

পরমাণুর অভ্যন্তরে না-ধর্মী ইলেকট্রন আছে কিন্তু সম্পূর্ণ পরমাণুর কোন পরা অথবা অপরা তড়িৎ-মাত্রা নাই, অর্থাৎ উহা তড়িৎ-নিরপেক্ষ। সুতরাং

পরমাণুর ভিতরে ইলেক্‌ট্রনের বিপরীত-ধর্মী অর্থাৎ হাঁ-ধর্মী কণিকা থাকিতেই হইবে। পদার্থবিদ্‌গণ নানা পরীক্ষার সাহায্যে স্থির করিয়াছেন যে সমস্ত পরমাণুতেই হাঁ-ধর্মী কণা বিদ্যমান। ইহাদের প্রোটন বলা হয়। প্রোটনের ওজন হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের সমান ($১\cdot৬\times১০^{-২৪}$ গ্রাম) এবং প্রতিটি প্রোটনের হাঁ-ধর্মী বিদ্যুৎমাত্রা এক।

বিজ্ঞানী সেড্‌উইক্ আরও দেখাইয়াছেন, হাইড্রোজেন ব্যতীত অন্যান্য সকল মৌলিক পদার্থের পরমাণুতে আর একপ্রকার কণিকা আছে। ইহাদের নিউট্রন বলা হয়। নিউট্রন এবং প্রোটনের একই ওজন, অর্থাৎ হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের সমান। কিন্তু নিউট্রনে হাঁ-ধর্মী বা না-ধর্মী কোন বিদ্যুতের ভার নাই, নিউট্রন তড়িৎ-নিরপেক্ষ।

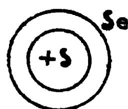
অতএব স্বচ্ছন্দে বলা যাইতে পারে, জড় পরমাণুতেই ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন এই তিন উপাদানের সমবায়ে গঠিত। সকল পদার্থের পরমাণুরই উপাদান এক, শুধু পরিমাণ বিভিন্ন। কেবলমাত্র হাইড্রোজেন পরমাণুতে নিউট্রন নাই। সুতরাং মৌলিক পদার্থগুলির মূলতঃ কোন স্বাতন্ত্র্য নাই। পরমাণুর মধ্যস্থিত প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রনের সংযুতি বা বিন্যাস সম্পর্কে মোটামুটি ধারণা এইরকম—

প্রত্যেক পরমাণুর মধ্যস্থলে একটি অতি সূক্ষ্ম গুরুভাব কেন্দ্র আছে। পরমাণুর প্রায় সমস্ত ওজন বা ভর এই কেন্দ্রে ঘনীভূত। ইহাকে আমরা পরমাণুকেন্দ্র বা নিউক্লিয়াস্ (nucleus) বলি। এই পরমাণু-কেন্দ্র সর্বদাই হাঁ-ধর্মী বিদ্যুৎযুক্ত, অর্থাৎ ইহাতে এক বা একাধিক পরাবিদ্যুতের একক বর্তমান। এই পরমাণু-কেন্দ্রটিতে পরমাণুর সমস্ত প্রোটন এবং নিউট্রন একত্র পুঞ্জীভূত হইয়া অবস্থান করে। নিউট্রনসমূহের কোন বিদ্যুৎ-মাত্রা নাই, কিন্তু প্রতি প্রোটনে হাঁ-ধর্মী বিদ্যুতের একটি একক আছে। সুতরাং, কেন্দ্রস্থ প্রোটনের সংখ্যা দ্বারা পরমাণু-কেন্দ্রের হাঁ-ধর্মী বিদ্যুৎ এককের সংখ্যা নির্ধারিত হয়। পরমাণু-কেন্দ্রের হাঁ-ধর্মী বিদ্যুৎ এককের সংখ্যাকেই সেই পদার্থের **পরমাণু-ক্রমাঙ্ক (Atomic number)** বলা হয়।

সূর্যের চতুর্দিকে গ্রহের চক্রগতির মত, পরমাণু-কেন্দ্রের চারিদিকে চক্রাকারে সর্বদা ইলেকট্রন ঘুরিতেছে। ইলেকট্রনের সংখ্যা কেন্দ্রস্থ পরাবিদ্যুতের এককের

সংখ্যার সমান, প্রত্যেকটি ইলেকট্রনে না-ধর্মী বিদ্যুতের একটি একক থাকে। ফলে সমগ্র পরমাণুটির কোন বিদ্যুৎ-ধর্ম দেখা যায় না। উহা বিদ্যুৎ-নিরপেক্ষ হইয়া পড়ে। প্রত্যেকটি ইলেকট্রনের গতিপথ বিভিন্ন এবং ইহাদের গতিবেগ অত্যন্ত অধিক—প্রতি সেকেণ্ডে প্রায় ১২০০ শত মাইল। পরমাণু-কেন্দ্রটি গুরুভার হইলেও সমগ্র পরমাণুর তুলনায় অতি ক্ষুদ্র। কেন্দ্র ও ইলেকট্রন বা ইলেকট্রনসমূহের পরস্পরের মধ্যে যথেষ্ট ব্যবধান আছে। অর্থাৎ পরমাণু নিরেট নয়। ইহাই পরমাণুর গঠন-চিত্র।

হাইড্রোজেন পরমাণুতে কোন নিউট্রন নাই। উহার কেন্দ্রে একটিমাত্র প্রোটন আছে এবং একটি ইলেকট্রন ইহাকে সর্বদা প্রদক্ষিণ করে।

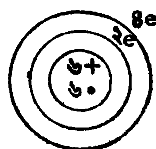


হাইড্রোজেন পরমাণু

অন্যান্য পরমাণুতে প্রোটন এবং নিউট্রন দুই-ই থাকে। কার্বন পরমাণুর কেন্দ্রে ছয়টি নিউট্রন এবং ছয়টি প্রোটন থাকে। কেন্দ্র-বহির্ভূত অঞ্চলে প্রোটনের সম-সংখ্যক অর্থাৎ ছয়টি ইলেকট্রন কেন্দ্রের চারিদিকে ঘুরিতে থাকে। কার্বনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক (কেন্দ্রের হাঁ-ধর্মী বিদ্যুৎমাত্রা) ছয়। কার্বন পরমাণুর ওজন

= ছয়টি নিউট্রন + ৬টি প্রোটনের ওজন [ইলেকট্রনের ওজন
= ১২টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন। নগণ্য বলিয়া ধরা হয়]

অর্থাৎ, কার্বনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ১২।

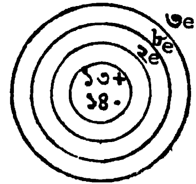


কার্বন পরমাণু

কার্বনের ছয়টি ইলেকট্রনের দুইটি কেন্দ্রের নিকটতম চক্রপথে এবং চারিটি উহার পরবর্তী চক্রপথে ঘুরিয়া থাকে। যদিও বলা হয় দুইটি ইলেকট্রন প্রথম চক্রপথে ঘুরিতেছে, উহাদের গতিপথ বস্তুতঃ এক নয়। প্রথম ইলেকট্রন দুইটির গতিপথের ব্যাস সমান, কিন্তু উহারা বিভিন্ন সমতলে ঘোরে। সেই রকম পরবর্তী চারিটি ইলেকট্রনেরও গতিপথ সমান, কিন্তু বিভিন্ন সমতলে।

সমস্ত মৌলিক পদার্থের প্রত্যেকটির পরমাণুর এইরকম সংগঠন এখন জানা গিয়াছে। ইহাদের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক, ইলেকট্রন-সংখ্যা ও উহাদের গতি-বৈচিত্র্য, নিউট্রন-সংখ্যা সবই পরীক্ষাদ্বারা স্থির করা হইয়াছে। অ্যালুমিনিয়ামের পরমাণু-

ক্রমাঙ্ক = ১৩, এবং পারমাণবিক গুরুত্ব = ২৭। উহার কেন্দ্রে ১৩টি প্রোটন এবং ১৪টি নিউট্রন আছে। কেন্দ্রের বাহিরের প্রথম চক্রপথে ২টি, দ্বিতীয় চক্রপথে ৮টি এবং তৃতীয় চক্রপথে ৩টি ইলেকট্রন ঘূর্ণায়মান। কোন পরমাণুরই প্রথম চক্রপথে দুইটির অধিক ইলেকট্রন থাকিতে পারে না এবং অন্যান্য চক্রপথে সাধারণতঃ ৮টির অধিক ইলেকট্রন থাকে না। বলা বাহুল্য, এই ৮টি ইলেকট্রনের গতিপথ বিভিন্ন, কেবল পথচক্রের ব্যাস সমান। একটি অ্যালুমিনিয়াম পরমাণুর চিত্র দেওয়া হইল।



অ্যালুমিনিয়ামের পরমাণু

পরমাণুর এইরূপ গঠন সম্পর্কে দুইটি প্রশ্ন উঠিতে পারে।

প্রথমতঃ—না-ধর্মী ইলেকট্রনসমূহ বিপরীত-ধর্মী কেন্দ্রের আকর্ষণে মিলিত না হইয়া বাহিরে ঘুরিতে থাকে কেন? চক্রাকারে ঘুরিতে থাকার জন্য উহাদের মধ্যে একটি কেন্দ্রাতিগ (Centrifugal) শক্তির সৃষ্টি হয়। এই শক্তি ইলেকট্রনগুলিকে বাহিরের দিকে লইয়া যাইতে চাহে। অপরদিকে বিপরীত-ধর্মী কেন্দ্রের দ্বারা ইলেকট্রনগুলি ভিতরের দিকে আকৃষ্ট হয়। এই দুই বিপরীত শক্তির সামঞ্জস্য সাধন করিয়া ইলেকট্রন একটি নির্দিষ্ট পথে ঘুরিতে থাকে।

দ্বিতীয়তঃ, কেন্দ্রে একাধিক সমধর্মী প্রোটন কি করিয়া একত্র অবস্থিত থাকিতে পারে? সাধারণতঃ উহাদের পরস্পরকে বিতাড়িত করার চেষ্টা করা উচিত, যাহার ফলে কেন্দ্রটি ভাঙিয়া যাওয়াই স্বাভাবিক; কিন্তু সুবিখ্যাত বৈজ্ঞানিক হাইসেনবার্গ দেখাইয়াছেন যে অত ঠাসাঠাসিতে নিউট্রন এবং প্রোটনের ভিতর একটা বিশেষ প্রবল আকর্ষণ দেখা দেয়। এই আকর্ষণীশক্তির সৃষ্টি হয় প্রোটন-নিউট্রনের নিরন্তর পারস্পরিক রূপান্তরে। এইজন্যই কেন্দ্রটি স্থায়িত্ব লাভ করে। কিন্তু যেখানে নিউট্রন ও প্রোটনের সংখ্যা অত্যন্ত বেশী, সেখানে পরমাণু-কেন্দ্রটি অস্থায়ী ও স্বতঃভঙ্গুর হইয়া পড়ে। উদাহরণ-স্বরূপ রেডিয়াম ও ইউরেনিয়ামের কথা বলা যাইতে পারে। উহাদের পরমাণু-কেন্দ্র হইতে স্বতঃই আল্‌ফা-রশ্মি অর্থাৎ পরাবিদ্যুৎবাহী কণা বাহির হইতে থাকে। পরমাণু-কেন্দ্রের পরিবর্তনের সঙ্গে পরমাণুরও পরিবর্তন হয়। যতক্ষণ পরমাণু-কেন্দ্রটি সাম্যাবস্থা লাভ না করে ততক্ষণ কেন্দ্রটি এইরূপে ভাঙিতে থাকে। ইহাকেই তেজস্ক্রিয়া (Radioactivity) বলা হয়।

পরমাণু সম্বন্ধে আর একটি বিষয় এখানে উল্লেখযোগ্য। পরমাণুর ওজন কেন্দ্রস্থ নিউট্রন ও প্রোটনের উপর নির্ভর করে। যদি প্রোটনের সংখ্যা ঠিক থাকে, কিন্তু নিউট্রনের সংখ্যার হ্রাস-বৃদ্ধি হয় তবে পরমাণুর ওজনের হ্রাস-বৃদ্ধি হইবে, কিন্তু উহার ক্রমাঙ্ক একই থাকিবে। পরমাণু-ক্রমাঙ্কের উপরেই মৌলিক পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম নির্ভর করে। এতএব এই বিভিন্ন ওজনের পরমাণুর রাসায়নিক ধর্ম একই হইবে। অর্থাৎ একই মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন ওজনের পরমাণু হওয়া সম্ভব। এই রকম একই পদার্থের বিভিন্ন ওজনের পরমাণু-প্রকারকে **'এক-স্থানিক' (Isotopes)** বলা হইয়া থাকে। নিয়ন গ্যাসের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক ১০, কিন্তু উহাতে দুই রকমের পরমাণু আছে যাহাদের গুরুত্ব ২০ এবং ২২।

একটিতে → ১০টি নিউট্রন + ১০টি প্রোটন + ১০টি ইলেকট্রন

অপরটিতে → ১২টি নিউট্রন + ১০টি প্রোটন + ১০টি ইলেকট্রন

অনেক মৌলেরই এইরূপ একস্থানিক প্রকার দেখা যায়।

পরমাণু-গঠন ও রাসায়নিক মিলন: আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি, পরমাণু-কেন্দ্রের পরাবিদ্যুৎ-এককের সংখ্যাই উহার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক। বিভিন্ন মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বিভিন্ন। পরমাণুর ভিতর পরমাণু-ক্রমাঙ্কের সমান সংখ্যক ইলেকট্রন থাকে। এই ইলেকট্রনগুলি কেন্দ্রের চারিদিকে ক্রমবর্ধমান ব্যাসের কতগুলি চক্রপথে ঘুরিতে থাকে। অর্থাৎ ইলেকট্রনসমূহ কেন্দ্রের চতুর্দিকে প্রয়োজন অনুযায়ী মোট সাতটি স্তরে বা বেষ্টনীতে (Shell) অবস্থিত। কেন্দ্রের নিকটতম স্তরটিকে K-স্তর বলা হয় এবং পর পর এই বেষ্টনীগুলিকে K, L, M, N, O, P, Q স্তর বলা হয়। K-বেষ্টনীতে দুইটিমাত্র ইলেকট্রন থাকিতে পারে। কিন্তু সাধারণতঃ অন্যান্য বেষ্টনীতে ৮টির অধিক ইলেকট্রন থাকে না। তবে, অবস্থাবিশেষে, M, O, P-স্তরে ১৮টি এবং N-স্তরে ৩২টি ইলেকট্রনও থাকা সম্ভব। তবে সর্ববহিঃস্থ চক্রপথে ৮টির বেশী ইলেকট্রন থাকে না। বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহাদের ইলেকট্রন-সংখ্যাও বৃদ্ধি পাইতে থাকে এবং ক্রমান্বয়ে K, L, M প্রভৃতি বেষ্টনীগুলি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইতে থাকে। নিম্নের সূচী হইতে ইহা সহজেই অনুমেয়—

সূচী

মৌলিক পদার্থ	ক্রমাঙ্ক	ইলেকট্রন K—L—M—N	মৌলিক পদার্থ	ক্রমাঙ্ক	ইলেকট্রন K—L—M—N
H	১	১	Na	১১	২+৮+১
He	২	২	Mg	১২	২+৮+২
Li	৩	২+১	Al	১৩	২+৮+৩
Be	৪	২+২	Si	১৪	২+৮+৪
B	৫	২+৩	P	১৫	২+৮+৫
C	৬	২+৪	S	১৬	২+৮+৬
N	৭	২+৫	Cl	১৭	২+৮+৭
O	৮	২+৬	A	১৮	২+৮+৮
F	৯	২+৭	ইত্যাদি—		
Ne	১০	২+৮			

বিজ্ঞানীদের ধারণা প্রত্যেকটি পরমাণু তাহার বেষ্টনীগুলিকে যথাসাধ্য ইলেকট্রনদ্বারা পরিপূর্ণ করিয়া রাখিতে চাহে। যে সমস্ত পরমাণুর বেষ্টনীগুলি ইলেকট্রনদ্বারা পূর্ণ, রাসায়নিক দিক হইতে তাহারা সম্পূর্ণ নিষ্ক্রিয়। হিলিয়ম, নিয়ন, আরগন প্রভৃতি গ্যাসের পরমাণুতে বেষ্টনীগুলি ইলেকট্রন-পূর্ণ এবং ইহাদের কোন রাসায়নিক ক্রিয়া করিতে দেখা যায় না।

	K L M N
হিলিয়াম—	২
নিয়ম—	২ + ৮
আরগন—	২ + ৮ + ৮
ক্রিপ্টন—	২ + ৮ + ১৮ + ৮

কার্বন বা নাইট্রোজেন অথবা সোডিয়াম প্রভৃতি যে সমস্ত পরমাণুর শেষ বেষ্টনীতে আটের অনধিক ইলেকট্রন থাকে, তাহারাও নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর মত গঠন আকাঙ্ক্ষা করে। ইহাই স্বাভাবিক নিয়ম।

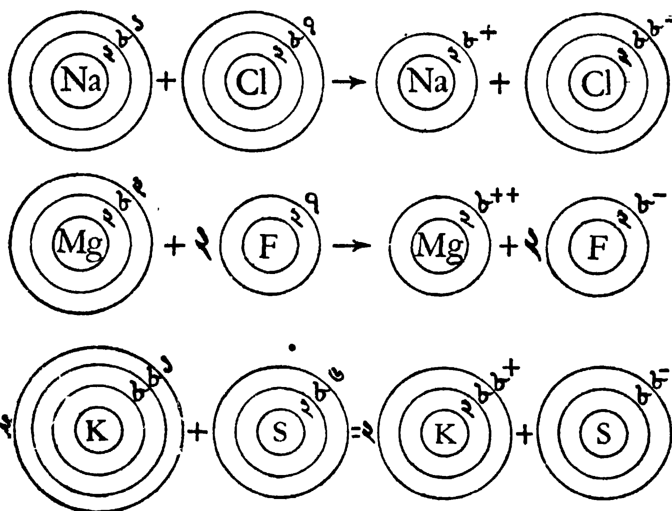
দুইটি পরমাণুর যখন রাসায়নিক মিলন হয় তখন বস্তুতঃ উহাদের ইলেকট্রন-গুলির স্বাভাবিক অবস্থানের পরিবর্তন ঘটে। যে ইলেকট্রনগুলি সবচেয়ে বাহিরের বেষ্টনীতে থাকে তাহারাই কেবল এই সংযোজনা বা রাসায়নিক মিলনে অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে। পরমাণুর যোজন-ক্ষমতা বা যোজ্যতা এই সর্ববহিঃস্থ

বেষ্টনীর ইলেকট্রন সংখ্যার উপর নির্ভর করে। রাসায়নিক মিলনের সময় পরমাণুগুলি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুরূপ ইলেকট্রনীয় বিন্যাস বা কাঠামো পাইতে চেষ্টা করে এবং তদনুযায়ী উহাদের বহিঃপ্রান্তের ইলেকট্রনগুলির কিছু স্থান পরিবর্তন হইয়া থাকে। বিভিন্ন পরমাণুর সংযোজনকালে এই পরিবর্তন সাধারণতঃ তিনটি উপায়ে সাধিত হয় ঃ—

১। কোন কোন ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণুর মিলনের সময় একটি পরমাণু হইতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন অপর পরমাণুতে স্থানান্তরিত হয়। একটি পরমাণু উহার শেষ স্তর হইতে ইলেকট্রন দান করে এবং অপর পরমাণু উহা গ্রহণ করে এবং স্বীয় শেষ বেষ্টনীতে রাখে। ইলেকট্রনের এই দেওয়া-নেওয়া এমনভাবে সম্পন্ন হয় যে উভয় পরমাণুই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণু-কাঠামো বা গঠন পাইয়া থাকে। এইরূপ যোজ্যতাকে 'ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা' (Electro-valency) বলা হইয়া থাকে। প্রায়ই দেখা যায় ধাতব পদার্থসমূহের বহিঃপ্রান্তে অপেক্ষাকৃত কম ইলেকট্রন থাকে (১ হইতে ৩)। এই সব মৌলিকপদার্থ সহজেই উক্ত ইলেকট্রনগুলি অপরকে দান করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের কাঠামো ধারণ করে। অন্যদিকে অক্সিজেন, ক্লোরিন, ইত্যাদি অধাতুসমূহে শেষ বেষ্টনীতে অধিক ইলেকট্রন থাকে এবং দুই একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিলেই উহারা নিষ্ক্রিয় গ্যাসের কাঠামো পাইতে পারে। সুতরাং সাধারণ নিয়মে ধাতুসকল ইলেকট্রন দেয় এবং অধাতুসমূহ ইলেকট্রন গ্রহণ করে। ইলেকট্রনের বিদ্যুৎ না-ধর্মী; অতএব ইলেকট্রন দান বা ত্যাগের ফলে ধাতুর পরমাণুটি পরাবিদ্যুৎসম্পন্ন হইয়া পড়ে। ইহাকেই আমরা আয়ন বলি। আবার সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করার ফলে অধাতুর পরমাণুর বিদ্যুৎভার না-ধর্মী হইয়া পড়ে; অর্থাৎ, উহারা নেগেটিভ বা অপরাবিদ্যুৎসম্পন্ন আয়ন সৃষ্টি করে। এই বিপরীতধর্মী ধাতু এবং অধাতুর আয়নগুলি পরস্পরের আকর্ষণে মিলিত থাকে এবং যৌগিক অণুর সৃষ্টি করে। কিন্তু দ্রবীভূত অবস্থায় তাড়িত-আকর্ষণের হ্রাসহেতু যুক্ত-আয়নগুলি বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে। পরবর্তী পৃষ্ঠায় কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া গেল।

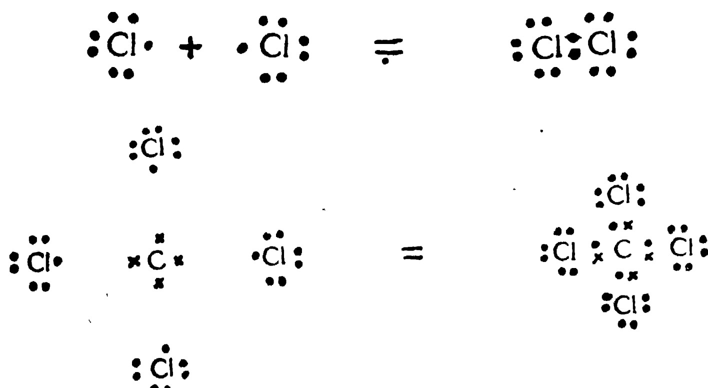
২। অনেক ক্ষেত্রে দুইটি পরমাণু যখন সংযোজিত হয়, তখন প্রত্যেক পরমাণু হইতে একটি করিয়া ইলেকট্রন আসিয়া এক ইলেকট্রন-যুগল সৃষ্টি করে। এই ইলেকট্রন-যুগল পরমাণু দুইটির মধ্যস্থলে আসিয়া তাহাদের রাসায়নিক মিলন ঘটায়। এই দুইটি ইলেকট্রনকে প্রত্যেক পরমাণুরই অন্তর্ভুক্ত

বলিয়া মনে করা হয় এবং তাহার ফলে উভয় পরমাণুর বাহিরের পরিধিতে পূর্ণ সংখ্যক (৮টি) ইলেকট্রনের অবস্থিতি ঘটে। এইরূপে দুইটি পরমাণুই



ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা

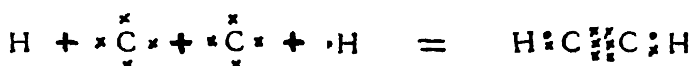
নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর কাঠামো পায়। দুইটি পরমাণু পরস্পরের নিকট হইতে বিচ্ছিন্ন হইতে পারে না এবং পরমাণুগুলির বিদ্যুৎমাত্রার কোন তারতম্য হয় না। ইহাকে 'সমযোজ্যতা' (Covalency) বলা হয়। যেমন :—



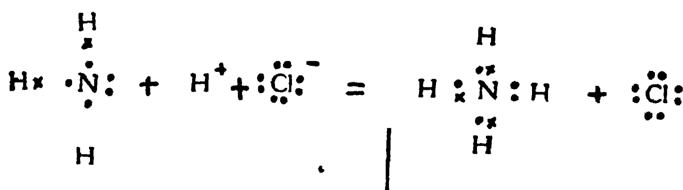
(পরমাণুর বহিঃস্থ ইলেকট্রনগুলি শুধু দেখান হইয়াছে)

স্পষ্টতঃই দেখা যায়, যদি বন্ধনী ইলেকট্রনদ্বয়কে উভয় পরমাণুর সঙ্গেই যুক্ত আছে বলিয়া মনে করা হয়, তাহা হইলে যৌগপদার্থের প্রত্যেক পরমাণুর বেষ্টনীতেই ৮টি ইলেকট্রন থাকিবে। আমরা পূর্বে যে যোজক বা বন্ধনীর কল্পনা করিয়াছি, তাহা এই যুগ্ম-ইলেকট্রন ছাড়া আর কিছুই নয়। দুইটি পরমাণুর ভিতর যে যোজক থাকে তাহা দুইটি ইলেকট্রনের সমবায় নির্দেশ করে মাত্র।

কোন কোন সময় দুইটি পরমাণু যখন মিলিত হয়, তখন প্রত্যেক পরমাণু একাধিক ইলেকট্রন দিয়া উহাদের মধ্যকার মিলন-সেতু বা বন্ধনী রচনা করে। যেমন, অ্যাসিটিলিনের দুইটি কার্বন পরমাণুর মধ্যে ৬টি ইলেকট্রন যোজকের কাজ করে :



৩। দুইটি বিভিন্ন পরমাণুর সংযোজনার সময় যে দুইটি ইলেকট্রন যোজকের কাজ করে তাহারা যদি একই পরমাণু হইতে আসে, তাহা হইলে সেইরূপ যোজ্যতাকে 'অসমযোজ্যতা' (Co-ordinate Covalency) বলা হয়। যেমন :—



নাইট্রোজেনের দুইটি ইলেকট্রনই হাইড্রোজেন আয়নকে যুক্ত করিতে ব্যবহৃত হইয়াছে।

———

দ্বিতীয় খণ্ড

অধাতব মৌল

ষোড়শ অধ্যায়

হাইড্রোজেন

সঙ্কেত H_2। পরমাণু-ক্রমাঙ্ক ১। পারমাণবিক গুরুত্ব ১.০০৮।

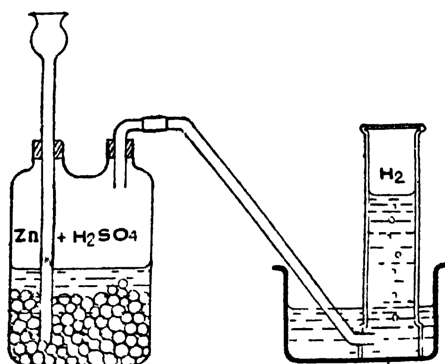
প্রকৃতিতে হাইড্রোজেন প্রায় সর্বদাই অন্যান্য মৌলের সহিত সংযুক্ত অবস্থায় থাকে। হাইড্রোজেনের যে সমস্ত যৌগ সচরাচর পাওয়া যায় তাহাদের মধ্যে জল, পেট্রোলিয়াম এবং বিভিন্ন জৈব পদার্থ বিশেষ উল্লেখযোগ্য। আগ্নেয়গিরি বা পেট্রোলিয়াম খনি হইতে নির্গত গ্যাসের ভিতর খুব সামান্য পরিমাণ হাইড্রোজেন মৌলাবস্থায় থাকে।

১৬-১। প্রস্তুতি: ল্যাবরেটরী পদ্ধতি: দুই-মুখ-বিশিষ্ট একটি উল্ফ-বোতলে খানিকটা দস্তার ছিবড়া (granulated zinc) লও। কর্কের সাহায্যে বোতলের একটি মুখে একটি দীর্ঘনাল ফানেল (thistle funnel) এবং অপর মুখে একটি বাঁকান নির্গম-নল জুড়িয়া দাও (চিত্র ১৬ক)। লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে কর্ক এবং নলগুলির সংযোগ যেন সম্পূর্ণ বায়ুরোধী (air-tight) হয়। কারণ, তাহা না হইলে হাইড্রোজেনের সহিত বায়ু মিশিয়া গিয়া একটি বিস্ফোরক মিশ্রণে পরিণত হওয়ার সম্ভাবনা থাকিবে। নির্গম-নলের শেষ প্রান্তটি একটি গ্যাস-দ্রোণীর ভিতরে জলের নীচে রাখিতে হইবে। ইহার পর দীর্ঘনাল-ফানেলের ভিতর দিয়া লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড উল্ফ-বোতলের ভিতরে ঢালিয়া দাও। অ্যাসিডের পরিমাণ এমন হওয়া উচিত যে দস্তার ছিবড়াগুলি সম্পূর্ণ আবৃত থাকে এবং দীর্ঘনাল-ফানেলের প্রান্তটি অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে, নচেৎ এই ফানেলের ভিতর দিয়াই হাইড্রোজেন বাহির হইয়া যাইবে। অ্যাসিড জিঙ্কের সংস্পর্শে আসিলেই রাসায়নিক বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস প্রথমে বোতলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুকে নির্গম-নলের ভিতর দিয়া বাহির করিয়া দেয়। বাতাস বাহির হইয়া যাওয়ার পর নির্গম-নল



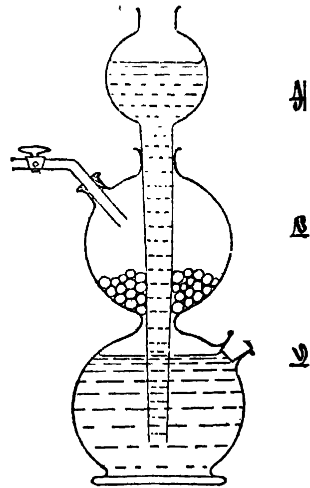
চিত্র ১৬ক—হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

দিয়া হাইড্রোজেন আসিতে থাকে এবং গ্যাস-দ্রোণীর জলের ভিতর দিয়া বুদ্‌বুদের আকারে উঠিতে থাকে। একটি গ্যাস-জার জলে সম্পূর্ণ ভর্তি করিয়া যেখানে গ্যাসের বুদ্‌বুদ্ বাহির হইতেছে সেখানে উপুড় করিয়া ধর। হাইড্রোজেন তখন এই গ্যাস-জারের জল অপসারিত করিয়া সেই পাত্রে সঞ্চিত হইতে থাকিবে। প্রথম গ্যাস-জারটি হাইড্রোজেন পূর্ণ করিয়া উহাতে একটি জলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইয়া দাও। যদি বিস্ফোরণ হয় তবে বুঝিতে হইবে উল্‌ফ-বোতলের অভ্যন্তরের বায়ু সম্পূর্ণ বাহির হইয়া যায় নাই। আরও খানিকক্ষণ হাইড্রোজেন গ্যাস ছাড়িয়া দিয়া ভিতরের বাতাসকে সম্পূর্ণ দূর করিয়া দাও। অতঃপর কয়েকটি গ্যাস-জার প্রথমে জলপূর্ণ করিয়া পরে জল অপসারণ দ্বারা হাইড্রোজেন গ্যাসে ভর্তি করিয়া লও এবং ঢাকনি দিয়া মুখ বন্ধ করিয়া উপুড করিয়া রাখ। ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ এইভাবেই হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

উল্‌ফ-বোতলের সাহায্যে হাইড্রোজেন উৎপাদনের একটি প্রধান অসুবিধা এই যে জিঙ্ক যতক্ষণ অ্যাসিডের সঙ্গে থাকিবে ততক্ষণই হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইতে থাকিবে। যে কোন সময়ে প্রয়োজনানুযায়ী এবং নিয়মিত পরিমাণে হাইড্রোজেন পাওয়ার জন্য ল্যাবরেটরীতে আজকাল কিপ্-যন্ত্রের বহুল ব্যবহার হয়। কিপ্-যন্ত্রটি দুইটি অংশে তৈয়ারী (চিত্র-১৬খ)। নীচের অংশে দুইটি গোলাকৃতি বালব ('খ' ও 'গ') একত্র যুক্ত থাকে এবং উপরের অংশে আর

একটি গোলাকৃতি বালব ('ক') থাকে। উপরের এই বালবটির নীচের দিকে একটি দীর্ঘ নল যুক্ত আছে। ইহা সর্বনিম্ন বালব 'গ'-এর ভিতরে গিয়া শেষ হইয়াছে। এই দুইটি অংশের সংযোগটি অবশ্য খুব দৃঢ় এবং বায়ুরোধী। মধ্যস্থ 'খ' বালবের একটি নির্গম পথ আছে। উহাতে একটি কর্কের সাহায্যে একটি স্টপকক জুড়িয়া দেওয়া হয়। নীচের 'গ' বালবেরও একটি বহির্দ্বার আছে, উহা একটি কর্ক দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়, প্রয়োজন হইলে, এই কর্ক খুলিয়া ভিতরের অ্যাসিড বা তরল পদার্থ বাহির করিয়া লওয়া হয়।

মধ্যস্থ 'খ' বালবের ভিতরে প্রথমে কিছু জিঙ্কের টুকরা রাখা হয়। তাহার পর স্টপককটি খুলিয়া রাখিয়া উপরের বালবে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়। এই অ্যাসিড নল বাহিয়া প্রথমে নীচের বালবে আসে এবং উহা পূর্ণ হইয়া গেলে মধ্যস্থ 'খ' বালবে প্রবেশ লাভ করে। এইখানে জিঙ্কের সংস্পর্শে অ্যাসিড আসিলেই হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইতে থাকে। প্রথমে স্টপককের ভিতর দিয়া 'খ' বালবের বায়ু বাহির হইয়া যায় এবং পরে হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হইতে থাকে। এইভাবে হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

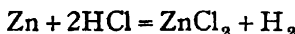


চিত্র ১৬খ—কিপ্-যন্ত্র

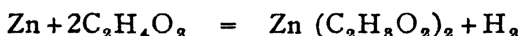
প্রয়োজন শেষে স্টপককটি বন্ধ করিয়া দিলে, 'খ' বালবে যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা বাহির হইতে না পারিয়া অ্যাসিডের উপর চাপ দিতে থাকে। ইহার ফলে অ্যাসিড নীচের দিকে নামিয়া যায় এবং নিম্নস্থ বালবের অ্যাসিড নল বাহিয়া উপরের 'ক' বালবে আসিয়া জড় হয়। মধ্যস্থিত বালবের জিঙ্কের সংস্পর্শ হইতে অ্যাসিড সরিয়া গেলেই হাইড্রোজেন উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়। পুনরায় হাইড্রোজেন প্রয়োজন হইলে কেবল স্টপককটি খুলিলেই চলিবে। কারণ, স্টপকক খুলিলে স্বাভাবিক নিয়মে আবার অ্যাসিড মধ্যস্থ বালবে আসিবে এবং পূর্বের মত জিঙ্কের সহিত ক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিবে। কিপ্-যন্ত্রের সাহায্যে এইভাবে ইচ্ছানুযায়ী প্রয়োজনানুরূপ হাইড্রোজেন পাওয়ার সুবিধা হয়।

জিঙ্ক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে যে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় তাহা বিশুদ্ধ নয়। জলীয় বাষ্প ছাড়াও আরও অন্যান্য গ্যাস, যেমন আরসাইন (AsH_3), ফসফাইন (PH_3), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) প্রভৃতি খুব অল্প পরিমাণে উহার সহিত মিশ্রিত থাকে। বিশুদ্ধতর গ্যাস পাইতে হইলে এই হাইড্রোজেনকে, যথাক্রমে লেড নাইট্রেট, সিলভার সালফেট ও পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ এবং সর্বশেষে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের গ্যাস-ধাবকের (Gas-washers) ভিতর দিয়া চালনা করিয়া ধৌত করিয়া লইতে হয়। ইহাতে উপরোক্ত গ্যাসগুলি শোষিত হইয়া যায়। (ক) লেড নাইট্রেট H_2S দূরীভূত করে। (খ) সিলভার সালফেট AsH_3 ও PH_3 দূর করে। (গ) পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইড SO_2, CO_2 ইত্যাদি এবং সালফিউরিক অ্যাসিড জলীয় বাষ্প শোষণ করে।

জিঙ্কের পরিবর্তে অন্যান্য অনেক ধাতু এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের বদলে অন্যান্য কোন কোন অ্যাসিডও স্বাভাবিক উষ্ণতায় এই গ্যাস উৎপন্ন করে। নিম্নে এইরূপ কয়েকটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার উদাহরণ দেওয়া হইল।



$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$



$$Zn + 2C_2H_4O_2 = Zn(C_2H_3O_2)_2 + H_2$$

অ্যাসেটিক অ্যাসিড — জিঙ্ক অ্যাসিটেট



$$Mg + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2$$



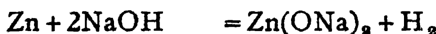
$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$



$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2$$ ইত্যাদি।

১৬-২। হাইড্রোজেন প্রস্তুতির অন্যান্য প্রণালী—

(ক) **ক্ষার হইতে:** জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, টিন প্রভৃতি কয়েকটি ধাতু কস্টিক সোডা জাতীয় তীব্র ক্ষার হইতে ঈষৎ উষ্ণ অবস্থায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যেমন,



$$Zn + 2NaOH = Zn(ONa)_2 + H_2$$



$$2Al + 2KOH + 2H_2O = 2KAlO_2 + 3H_2$$



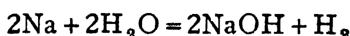
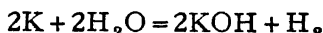
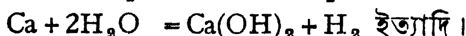
$$Si + 2NaOH + H_2O = Na_2SiO_3 + 2H_2$$

(এই সমস্ত বিক্রিয়াতে জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি বিচূর্ণ অবস্থায় (dust) ব্যবহার করা প্রয়োজন।)

(খ) **জল হইতে:** জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন করার নানাপ্রকার উপায় আছে।

(১) বিভিন্ন উষ্ণতায় বিভিন্ন ধাতুর সাহায্যে জল হইতে হাইড্রোজেন পাওয়া

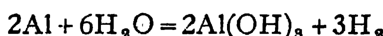
যায়। যেমন, স্বাভাবিক উষ্ণতায় সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি ধাতু জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন করে।


$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2$$

$$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$$ ইত্যাদি।

এই সকল ধাতুর সহিত জলের বিক্রিয়া খুব দ্রুত এবং তীব্রতার সহিত সম্পন্ন হয় বলিয়া অনেক সময় বিস্ফোরণ হয়। সেইজন্য প্রায়ই এই ধাতুগুলি পারদের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া পারদসঙ্কর (amalgam) রূপে জলে দেওয়া হয়।

পরীক্ষা ঃ ছোট ছোট কয়েক টুকরা সোডিয়াম খল-নুড়ির সাহায্যে পারদের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া লও। এই মিশ্রিত পারদসঙ্কর কঠিন আকারের হইবে। ইহার কয়েকটি টুকরা একটি পাত্রে জল রাখিয়া উহাতে ছাড়িয়া দাও। জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে আস্তে আস্তে হাইড্রোজেন উঠিতে থাকিবে। একটি গ্যাস-জার জলপূর্ণ করিয়া উহার উপরে ধরিলে হাইড্রোজেন জল অপসারিত করিয়া এই গ্যাস-জারে সঞ্চিত হইবে।

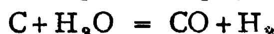
ফুটন্ত জলে ম্যাগনেসিয়াম বা অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ দিলেও হাইড্রোজেন পাওয়া যায় ঃ—


$$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$$

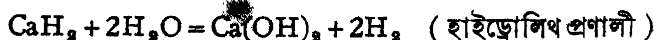
$$Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2$$

ম্যাগনেসিয়ামের উপর দিয়া অথবা উত্তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর দিয়া জলীয় বাষ্প (স্টীম) পরিচালিত করিলেও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। লোহিত-তপ্ত কার্বনের (Red hot carbon) সহিত জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়াতেও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।


$$Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2$$

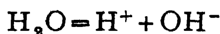
$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

$$C + H_2O = CO + H_2$$

(২) ধাতব হাইড্রাইডসমূহ (ধাতু এবং হাইড্রোজেনের যৌগ) খুব সহজেই জলের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। যেমন,

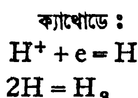

$$CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$$ (হাইড্রোলিথ প্রণালী)

$$NaH + H_2O = NaOH + H_2$$

(৩) বৈদ্যুতিক বিশ্লেষণের ফলে জল হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়। জলের অণুগুলির কিয়দংশ আয়নিত অবস্থায় থাকে এবং তড়িৎপ্রবাহের ফলে ক্যাথোড- বা অপরা-প্রান্তে হাইড্রোজেন নির্গত হয়।

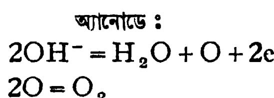


$$H_2O = H^+ + OH^-$$



ক্যাথোডে :

$$H^+ + e = H$$
$$2H = H_2$$

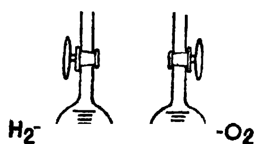


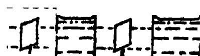
অ্যানোডে :

$$2OH^- = H_2O + O + 2e$$
$$2O = O_2$$

কিন্তু জল সুপরিবাহী নয় বলিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ দ্বারা বিশুদ্ধ জল হইতে হাইড্রোজেন পাওয়া শক্ত। বিশুদ্ধ জলের পরিবর্তে যদি কোন অ্যাসিড বা ক্ষারজাতীয় পদার্থের লঘু দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা যায় তাহা হইলে সহজে হাইড্রোজেন পাওয়া সম্ভব। বাস্তবিক পক্ষে কিন্তু জলই বিশ্লেষিত হয়।

পরীক্ষা : অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণের জন্য ১৬গ চিত্রানুযায়ী একটি যন্ত্রের প্রয়োজন। একটি কাচপাত্রে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লও। এই অ্যাসিডের ভিতর দুইটি প্লাটিনামের পাত নিমজ্জিত থাকিবে। এই পাত দুইটি তারের সাহায্যে বাহিরে ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করার ব্যবস্থা থাকে। প্রত্যেকটি প্লাটিনাম পাতের উপর এক-মুখ-বন্ধ একটি অপেক্ষাকৃত মোটা কাচের নল লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণ ভরিয়া লইয়া উল্টা করিয়া রাখ। প্রত্যেকটি নলের উপরের অংশে একটি স্টপকক লাগান থাকিবে। এই স্টপককের সাহায্যে গ্যাস বাহির করিয়া লওয়া যাইতে পারে। প্লাটিনামের পাত দুইটি এখন কোন ব্যাটারীর পরা- ও অপরা-প্রান্তের সহিত জুড়িয়া দিলে বিদ্যুৎপ্রবাহ চলিতে থাকিবে এবং অ্যানোডে অক্সিজেন ও ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইবে। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন অক্সিজেনের দ্বিগুণ হইবে।





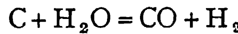


চিত্র ১৬গ—তড়িৎ-বিশ্লেষণ

যদিও অ্যাসিড লওয়া হইয়াছে, কিন্তু উহার কোন পরিবর্তন হয় না। জলের বিশ্লেষণের ফলেই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পাওয়া যায়।

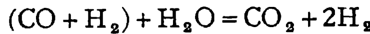
১৬-৩। অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেন প্রস্তুত-করণঃ অনেক রাসায়নিক শিল্পে প্রভূত পরিমাণে হাইড্রোজেন প্রয়োজন হয়। অধিক পরিমাণে হাইড্রোজেন প্রয়োজন হইলে নানারকম প্রণালী প্রয়োগ করা হয়, তন্মধ্যে বস্ প্রণালী বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

বস্ প্রণালী (Bosch Process)ঃ এই প্রণালীতে জলীয় বাষ্প লোহিত-তপ্ত কোক-কয়লার উপর পরিচালনা করিয়া ওয়াটার-গ্যাস প্রথমে তৈয়ারী করা হয়। ওয়াটার-গ্যাস কার্বন-মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ।



$$C + H_2O = CO + H_2$$

এই ওয়াটার-গ্যাস আরও অতিরিক্ত জলীয় বাষ্পের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত লৌহ-অক্সাইড ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের (প্রভাবক) উপর দিয়া পরিচালিত করিলে কার্বন মনোক্সাইড ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হইয়া যায় এবং আরও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

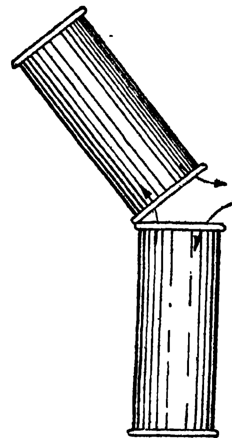


$$(CO + H_2) + H_2O = CO_2 + 2H_2$$

কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণটি অতিরিক্ত চাপে জল, কস্টিক সোডা ও কিউপ্রাস-ফর্মেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া লইয়া গেলে উহার কার্বন ডাই-অক্সাইড ও মনোক্সাইড দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

১৬-৪। হাইড্রোজেনের ধর্মঃ (১) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন একটি স্বচ্ছ বর্ণহীন গ্যাস। ইহা জলে অদ্রবণীয়, ০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় প্রতি ঘন সেন্টিমিটার জলে ইহার দ্রবণীয়তা মাত্র ·০২২ ঘন সেন্টিমিটার। ইহা সমস্ত পদার্থ হইতে লঘুভার—জগতের ইহা লঘুতম পদার্থ। ইহার ঘনত্ব = ·০০০০৮৯ গ্রাম (প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে)।

পরীক্ষাঃ একটি বায়ুপূর্ণ জার উল্টা করিয়া রাখিয়া তাহার নীচে একটি হাইড্রোজেন-পূর্ণ জার রাখ। একটু সময়ের মধ্যেই দেখা যাইবে যে হাইড্রোজেন উপরের জারে চলিয়া গিয়াছে। একটি জ্বলন্ত কাঠি উপরের জারে ঢুকাইলেই উহা নিভিয়া যাইবে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস জ্বলিয়া উঠিবে। হাইড্রোজেন বায়ু অপেক্ষা হালকা প্রমাণিত হইল। এইভাবে অন্যান্য গ্যাস হইতেও ইহার লঘুত্ব প্রমাণ করা সম্ভব (চিত্র ১৬ঘ)।



চিত্র ১৬ঘ—হাইড্রোজেনের লঘুত্ব

পরীক্ষা ঃ একটি ছোট বেলুনে হাইড্রোজেন ভরিয়া ছাড়িয়া দিলে উহা তৎক্ষণাৎ উপরের দিকে উঠিয়া যায়। হাইড্রোজেন বায়ু হইতে হালকা না হইলে ইহা হইত না।

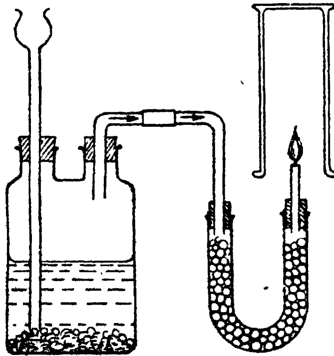
(২) হাইড্রোজেন একটি দাহ্য পদার্থ। বায়ু বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে আগুনের সংস্পর্শে আসিলেই উহা জ্বলিয়া উঠে। দহনকালে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক মিলন সংসাধিত হয় এবং জল উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন নিজে দাহ্য বটে, কিন্তু অপরের দহনক্রিয়ায় কোন সহায়তা করে না। হাইড্রোজেনের এই দাহ্যগুণের জন্য অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ খুব সহজে জ্বলিয়া উঠিয়া বিস্ফোরণের সৃষ্টি করে।



$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

পরীক্ষা ঃ একটি জ্বলন্ত কাঠি একটি হাইড্রোজেন-পূর্ণ জারের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দাও। দেখিবে, উহা নিভিয়া গিয়াছে, কিন্তু জারের হাইড্রোজেন গ্যাস জ্বলিয়া উঠিবে।

পরীক্ষা ঃ একটি শক্ত কাচের বোতল জলপূর্ণ কর। তারপর জল সরাইয়া উহাতে প্রথমে ⅔ অংশ হাইড্রোজেনে পূর্ণ কর এবং পরে ⅓ অংশ অক্সিজেন গ্যাস দ্বারা ভরিয়া লও। বোতলের মুখটি কর্কদ্বারা বন্ধ করিয়া রাখ। একটি মোটা তোয়ালের দ্বারা উহা জড়াইয়া লইয়া উহার মুখের কর্কটি একটি ছোট দীপশিখার সামনে খুলিয়া দাও। তৎক্ষণাৎ একটি প্রচণ্ড বিস্ফোরণের সহিত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রণটি জ্বলিয়া উঠিবে। পরীক্ষাটি অতি সাবধানে করা প্রয়োজন।

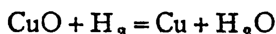


চিত্র ১৬৬—হাইড্রোজেনের দহন

***পরীক্ষা ঃ** উলফ্-বোতল হইতে উদ্ভূত হাইড্রোজেন গ্যাস অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ একটি U-নলের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া উহার জল দূরীভূত করিয়া লও। এই বিশুদ্ধ হাইড্রোজেনকে একটি সরু নলের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে বাহির করিয়া লইয়া নলের মুখে আগুন ধরাইয়া দাও। সরু নলটি একটি মোটা নলের মধ্যে রাখ। হাইড্রোজেন ঈষৎ নীল আলোর সহিত জ্বলিতে থাকিবে এবং বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া জল সৃষ্টি করিবে। এই জল ছোট ছোট বিন্দুর আকারে মোটা নলটির গায়ে জমিতেছে দেখা যাইবে (চিত্র ১৬-৬)।

(৩) অক্সিজেনের প্রতি হাইড্রোজেনের একটা বিশেষ আকর্ষণ দেখা যায়। অনেক উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইডের উপর দিয়া হাইড্রোজেন চালনা করিলে সেই সকল যৌগ হইতে অক্সিজেন বিচ্যুত হইয়া হাইড্রোজেনের সংযোগে জলে

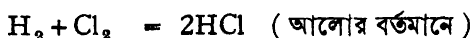
পরিণত হয় এবং মৌলিক ধাতুটি উৎপন্ন হয়। যেমন, হাইড্রোজেনের সান্নিধ্যে কপার অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে জল এবং কপার পাওয়া যায়।



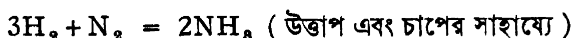
$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

যৌগ হইতে এইরূপ অক্সিজেন সরাইয়া লওয়া একরূপ বিজারণ-ক্রিয়া। সুতরাং হাইড্রোজেন একটি বিজারক-দ্রব্য বলিয়া পরিগণিত হয়। যে সকল ধাতুর পরাবিদ্যুৎবাহিতা (Electro-positiveness) অপেক্ষাকৃত কম তাহাদের অক্সাইডই শুধু হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়।

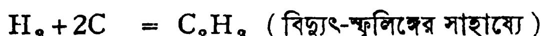
(৪) বিশেষ বিশেষ অবস্থায় অনেক অ-ধাতুর সহিত হাইড্রোজেনের সাক্ষাৎ-সংযোগ ঘটে। যেমন :



$H_2 + Cl_2 = 2HCl$ (আলোর বর্তমানে)



$3H_2 + N_2 = 2NH_3$ (উত্তাপ এবং চাপের সাহায্যে)



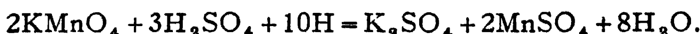
$H_2 + 2C = C_2H_2$ (বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সাহায্যে)

(৫) কোন কোন ধাতব পদার্থ, বিশেষতঃ প্যালাডিয়াম, প্লাটিনাম, আয়রন ইত্যাদি হাইড্রোজেন গ্যাসকে শোষণ করিয়া লইতে পারে। ধাতুগুলি বিচূর্ণ অবস্থায় থাকিলে শোষিত হাইড্রোজেনের পরিমাণ খুব বেশী হয়। ধাতুর এই প্রকার গ্যাস-শোষণ কার্যকে **'অন্তর্ধৃতি' (occlusion)** বলা হয়। বস্তুতঃ এই অন্তর্ধৃতিতে হাইড্রোজেন কঠিন ধাতুতে দ্রবীভূত হইয়া থাকে মাত্র, এবং উহাকে উত্তপ্ত করিলেই ধাতু হইতে পুনরায় হাইড্রোজেন বাহির হইয়া আসে। প্যালাডিয়ামের এই গুণ সর্বাপেক্ষা অধিক।

(৬) দেখা গিয়াছে, কোন কোন পদার্থ হাইড্রোজেনের সহিত সাধারণভাবে কোন রাসায়নিক ক্রিয়া সম্পন্ন করে না। কিন্তু সেই পদার্থের ভিতরেই যদি হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয় তবে সদ্যোজাত হাইড্রোজেনের সহিত উক্ত পদার্থগুলির রাসায়নিক বিক্রিয়া হয়। সুতরাং উৎপত্তিক্ষণে অর্থাৎ **জায়মান অবস্থায় (nascent state)** হাইড্রোজেন বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করিতে পারে। জায়মান হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অধিকতর সক্রিয়।

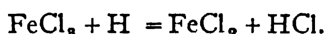
পরীক্ষা : পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের একটি লঘু দ্রবণ একটি টেস্ট-টিউবে লইয়া কিপ্-যন্ত্র হইতে একটি নলের সাহায্যে হাইড্রোজেন গ্যাস উহার ভিতরে চালনা কর। দেখিবে বহুক্ষণ রাখিলেও উহার কোন পরিবর্তন হইবে না। অপর একটি টেস্ট-টিউবে সেই লঘু দ্রবণের আর খানিকটা লইয়া উহাতে একটু জিঙ্ক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দাও। অ্যাসিড এবং জিঙ্ক হইতে হাইড্রোজেন

উৎপন্ন হইবে। এই জায়মান হাইড্রোজেন লাল পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণকে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করিয়া দিবে। শুধু জিঙ্ক অথবা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত অবশ্য পারম্যাঙ্গানেটের কোন বিক্রিয়া হইতে দেখা যায় না।



$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O.$$

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের পরিবর্তে ফেরিক ক্লোরাইড বা পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের দ্রবণ লইয়াও ঐরূপ পরীক্ষা করা যাইতে পারে। ইহাতে প্রমাণিত হয় সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা অধিকতর।



$$FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl.$$

জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা কেন অধিক তাহার খুব সন্তোষজনক উত্তর দেওয়া কঠিন। কেহ কেহ মনে করেন, জায়মান অবস্থায় হাইড্রোজেন গ্যাসের পরমাণুগুলি একক থাকে, অণুতে পরিণত হওয়ার পূর্বেই তাহারা রাসায়নিক বিক্রিয়া করে। অণু অপেক্ষা পরমাণুর অধিকতর সক্রিয় হওয়ার সম্ভাবনা। আবার কেহ কেহ বলেন যে হাইড্রোজেনের উৎপত্তিক্ষণে যে বৈদ্যুতিক শক্তি বা তাপশক্তি নির্গত হয় তাহাই এই হাইড্রোজেনকে সক্রিয় করিয়া তোলে এবং বিক্রিয়াতে সাহায্য করে।

১৬-৫। হাইড্রোজেনের ব্যবহার ঃ বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে এবং অন্যান্য প্রয়োজনেই আজকাল হাইড্রোজেনের প্রচুর ব্যবহার হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যামোনিয়া, কৃত্রিম পেট্রোল, কৃত্রিম চর্বিজাতীয় পদার্থের উৎপাদন শিল্পে ইহার ব্যবহার সর্বাধিক। ধাতু গলানোর কাজে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার উৎপাদনে এবং বেলুন ও উড়োজাহাজের জন্য হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

সপ্তদশ অধ্যায়

অক্সিজেন

সঙ্কেত O_2। পরমাণু-ক্রমাঙ্ক = ৮। পারমাণবিক গুরুত্ব = ১৬।

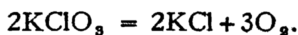
সুইডেনবাসী শীলে (Scheele), ইংরেজ প্রিস্টলী (Priestley) এবং ফরাসী দেশের লাভয়সিয়র (Lavoisier)—অষ্টাদশ শতাব্দীর এই তিন জন বিখ্যাত বৈজ্ঞানিকের নাম অক্সিজেন আবিষ্কারের ইতিহাসের সহিত জড়িত। প্রায় একই সময়ে তাঁহারা প্রত্যেকে স্বতন্ত্র উপায়ে এই গ্যাসটির সন্ধান পাইয়াছিলেন।

মৌলসমূহের ভিতর পৃথিবীতে অক্সিজেনের প্রাচুর্য সর্বাধিক। পৃথিবীর বস্তু-সমষ্টির প্রায় অর্ধেকই অক্সিজেন। জল, মাটি, বায়ু, বহু খনিজ পদার্থ, এবং প্রাণী ও উদ্ভিদ্-জগতের বিভিন্ন উপাদানে অক্সিজেন প্রচুর পরিমাণে বর্তমান। বাতাসে মৌলিক অবস্থায় এবং অন্যান্য পদার্থে যৌগিক অবস্থায় অক্সিজেন পাওয়া যায়। বায়ুর আয়তনের শতকরা ২০·৯ ভাগ এবং জলের ওজনের শতকরা ৮৮·৮ ভাগ অক্সিজেন।

১৭-১। প্রস্তুতি : সাধারণতঃ তিন রকম পদার্থ হইতে অক্সিজেন প্রস্তুত করা যাইতে পারে : (১) অক্সিজেন-বহুল কতকগুলি যৌগিক পদার্থ, (২) জল এবং (৩) বায়ু।

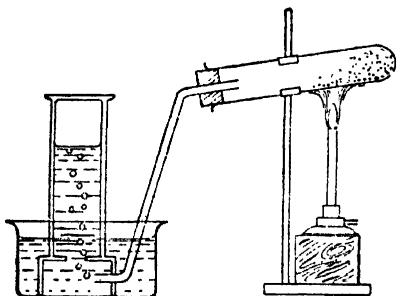
(ক) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :** চার ভাগ বিচূর্ণ পটাসিয়াম ক্লোরেট, এক ভাগ বিচূর্ণ ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া লও। শক্ত কাচের একটি অপেক্ষাকৃত মোটা টেস্ট-টিউবের প্রায় অর্ধেকটা এই মিশ্রণ দ্বারা ভরিয়া লও। টেস্ট-টিউবের মুখে একটি কর্ক আঁটিয়া উহাতে একটি সরু নির্গম-নল জুড়িয়া দাও। নির্গম-নলটি বেশ দীর্ঘ এবং নীচের দিকে বাঁকান হইতে হইবে এবং উহার অপর প্রান্তটি একটি গ্যাস-দ্রোণীতে জলের নীচে রাখিতে হইবে। একটি বন্ধনীর সাহায্যে টেস্ট-টিউবটি এমনভাবে রাখ যাহাতে উহার মুখের দিকটা ঈষৎ অবনমিত অবস্থায় থাকে (চিত্র ১৭ক)। এখন বুনসেন দীপ-সাহায্যে টেস্ট-টিউবটিতে তাপ দিলেই আস্তে আস্তে উহার

অভ্যন্তরস্থ পটাসিয়াম ক্লোরেটের রাসায়নিক পরিবর্তন সুরু হইবে। পটাসিয়াম ক্লোরেট বিযোজিত হইয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইড এবং অক্সিজেন উৎপন্ন হইবে।



$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2.$$

অক্সিজেন গ্যাস নির্গম-নল দিয়া আসিয়া জলের ভিতর বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হইতে থাকিবে। যেখানে বুদ্‌বুদ্‌ উঠিবে, সেখানে একটি গ্যাসজার জলপূর্ণ করিয়া উপুড় করিয়া রাখ। ধীরে ধীরে অক্সিজেন গ্যাসজারের ভিতর জমিতে থাকিবে এবং জল সরিয়া যাইবে। গ্যাসজারটি যখন অক্সিজেনে সম্পূর্ণ ভর্তি হইয়া যাইবে, একটি ঢাকনি দিয়া উহার মুখটি বন্ধ করিয়া বাহিরে লইয়া যাও। এইরূপে কয়েকটি গ্যাসজার অক্সিজেনে পূর্ণ করিয়া লইতে পার।



চিত্র ১৭ক—অক্সিজেন প্রস্তুতি

অক্সিজেন তৈয়ারী করার সময় সর্বদাই পটাসিয়াম ক্লোরেটের সহিত ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া দেওয়া হয়, কিন্তু বাস্তবিক পক্ষে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন পাইতে হইলে ৬৩০° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করা প্রয়োজন। কিন্তু পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড মিশাইয়া দিলে অনেক কম উষ্ণতায় (২৪০° সেন্টিগ্রেড) অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং ক্লোরেটের বিযোজনটিও অনেক দ্রুতগতিতে সম্পন্ন হয়। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। একমাত্র উহার উপস্থিতিতেই পটাসিয়াম ক্লোরেটের বিশ্লেষণ অতি সহজে সম্পাদিত হয়। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের ওজনেরও কোন হ্রাসবৃদ্ধি হয় না। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের বদলে অন্যান্য কোন কোন পদার্থ যেমন কপার অক্সাইড, ফেরিক অক্সাইড প্রভৃতি ব্যবহার করিয়াও ক্লোরেটের বিযোজন ত্বরান্বিত করা যাইতে পারে। এই সকল বিভিন্ন পদার্থ, শুধু যাহাদের উপস্থিতি দ্বারা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতিবেগ হ্রাস বা বৃদ্ধি করা সম্ভব অথচ যাহাদের নিজেদের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না, সেই পদার্থগুলিকে '**প্রভাবক**' (**catalyst**) বলা হয়।

অক্সিজেন উৎপন্ন হওয়ার পর যে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের কোন পরিবর্তন হয় না তাহা একটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করা যাইতে পারে। উত্তপ্ত করিয়া যথাসম্ভব অক্সিজেন প্রথমে বাহির করিয়া লওয়া হয়। পরে টেস্ট-টিউবটি ঠাণ্ডা হইলে উহাতে জল দিয়া সমস্ত কঠিন পদার্থ টুকু একটি বীকারে স্থানান্তরিত করা হয়। বীকারটি গরম করিয়া উহার জল ফুটাইয়া লইলে পটাসিয়াম ক্লোরাইড দ্রবীভূত হইয়া যায়, কিন্তু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্রবীভূত হয় না। ফিল্টার কাগজে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ছাঁকিয়া উহাকে শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়। ওজন করিলে দেখা যাইবে

যতটুকু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দেওয়া হইয়াছিল তাহাই রহিয়াছে এবং উহার রাসায়নিক ধর্মেরও কোন পরিবর্তন হয় নাই।

(খ) পটাসিয়াম ক্লোরেটের মত আরও অন্যান্য অনেক অক্সিজেন-বহুল পদার্থ উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে। নিম্নে এইরূপ কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল :—



$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$



$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 2N_2O_4 + O_2$$



$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2$$

এমন কি, গাঢ় নাইট্রিক অথবা সালফিউরিক অ্যাসিডও যদি ফোঁটা ফোঁটা করিয়া লোহিত-তপ্ত ঝামাপাথরের উপর ফেলা হয় তবে উহাদের অণুগুলি ভাঙিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয় :—



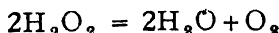
$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$



$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + 2H_2O + O_2$$

(গ) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এবং বিভিন্ন ধাতব পার-অক্সাইড হইতে খুব সহজে অক্সিজেন প্রস্তুত করা সম্ভব।

সাধারণতঃ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড স্বতঃভঙ্গুর। উহা নিজ হইতেই বিশ্লেষিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে রূপান্তরিত হইয়া যায়। উত্তাপ অথবা বিচূর্ণ প্লাটিনাম, গোল্ড, বালু ইত্যাদির উপস্থিতিতে ইহা আরও দ্রুতগতিতে অক্সিজেন দেয়

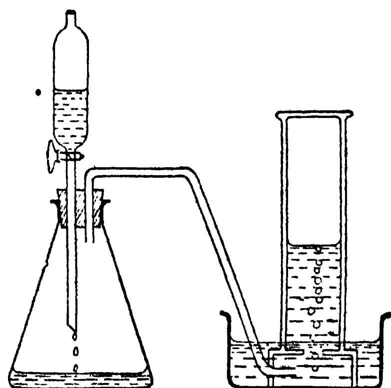


$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

পরীক্ষা : একটি শঙ্কু-কুপীতে খানিকটা শুষ্ক সোডিয়াম পার-অক্সাইড লও। উহার মুখটি একটি কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া তাহাতে একটি বিন্দুপাতী ফানেল ও একটি নির্গম-নল আঁটিয়া দাও। ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা জল ভিতরে দিতে থাক। জল সোডিয়াম পার-অক্সাইডের সংস্পর্শে আসিবামাত্র পার-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকিবে।



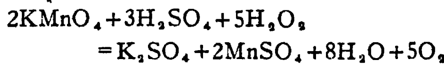
$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$$



চিত্র ১৭খ—সোডিয়াম পার-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

পরীক্ষা : এই পরীক্ষায় জলের পরিবর্তে যদি ফানেলে পটাস-পারম্যাঙ্গানেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লওয়া হয় এবং

শঙ্কু-কূপীতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড রাখিয়া উহার উপর আস্তে আস্তে ফেলা হয়, তাহা হইলেও অক্সিজেন পাওয়া সম্ভব হইবে।



$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

(ঘ) কোন কোন গুরু ধাতুর অক্সাইড তাপের সাহায্যে ভাঙিয়া গিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে। যেমন,



$$2HgO = 2Hg + O_2 \,\|\, 2Ag_2O = 4Ag + O_2 \,\|\, 3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2.$$

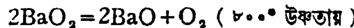
(ঙ) জলের তাড়িত-বিশ্লেষণ দ্বারা অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে। এ বিষয়ে পূর্ববর্তী অধ্যায়ে আলোচনা করা হইয়াছে।

(চ) **বায়ু হইতেঃ** বাতাস প্রধানতঃ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন এই দুইটি মৌলিক গ্যাসের সাধারণ মিশ্রণ। বায়ু হইতে দুইটি উপায়ে অক্সিজেন পাওয়া যাইতে পারে।

১। বেরিয়াম মনোক্সাইড বাতাসে উত্তপ্ত করিলে প্রায় ৫০০° সেন্টি. উষ্ণতায় উহা বায়ু হইতে অক্সিজেন টানিয়া লয় এবং বেরিয়াম পার-অক্সাইড যৌগিক পদার্থে পরিণত হইয়া যায়। যদি উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি করা যায়, তাহা হইলে প্রায় ৮০০° সেন্টিগ্রেডে বেরিয়াম পার-অক্সাইড বিশ্লেষিত হইয়া পুনরায় অক্সিজেনও বেরিয়াম মনোক্সাইডে ফিরিয়া আসে। এইরূপে বাতাসের অক্সিজেন পরোক্ষ-ভাবে অন্যান্য উপাদান হইতে পৃথক করিয়া সঞ্চয় করা যাইতে পারে। অক্সিজেন প্রস্তুত করার এই উপায়টি 'ব্রীন প্রণালী' নামে খ্যাত।



$$2BaO + O_2 = 2BaO_2 \text{ (৫০০° উষ্ণতায়)}$$



$$2BaO_2 = 2BaO + O_2 \text{ (৮০০° উষ্ণতায়)}$$

বস্তুতঃ উষ্ণতার পরিবর্তন না করিয়া, ৭০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় রাখিয়া চাপের হ্রাস বৃদ্ধি করিয়া উক্ত বিক্রিয়া দুইটি আরও সহজে সম্পন্ন করা যাইতে পারে।

২। তরল বাতাসের আংশিক পাতনের সাহায্যেও বায়ু হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায়। বাতাস হইতে প্রথমে উহার কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্প দূরীভূত করা হয়। তারপর অতিরিক্ত চাপে উহাকে ক্রমাগত শীতল করা হয়। এইভাবে যখন উষ্ণতা –১৯০° সেন্টিগ্রেডের নীচে পৌঁছায়, তখন বায়ু তরল হইতে থাকে। তরল বায়ুতেও অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন মিশ্রিত থাকে। নাইট্রোজেনের স্ফুটনাঙ্ক – ১৯৫° সেন্টি এবং অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক – ১৮৩° সেন্টি। অতএব নাইট্রোজেন অক্সিজেন অপেক্ষা অধিকতর উদ্বায়ী। তরল বাতাসকে আংশিকভাবে পাতিত করিলে প্রথমে নাইট্রোজেন গ্যাস হইয়া চলিয়া যাইবে এবং পাতনযন্ত্রে অক্সিজেনের অনুপাত বৃদ্ধি পাইবে। এইভাবে প্রায়

নাইট্রোজেন-মুক্ত অক্সিজেন পাওয়া যায়। যেখানে তড়িৎ-শক্তি সহজে ও কম খরচে পাওয়া যায় সেখানে অবশ্য ক্ষারীয় পদার্থের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে অক্সিজেন প্রস্তুত হয়।

১৭-২। অক্সিজেনের ধর্ম: (১) অক্সিজেন একটি স্বচ্ছ, বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস। বাতাসের চেয়ে ইহা ঈষৎ ভারী; প্রতি লিটারের ওজন = ১·৪২৯ গ্রাম। জলে ইহার দ্রাব্যতা অধিক নয়। ০° সেণ্টি. উষ্ণতায় জলে ইহার দ্রাব্যতা আয়তন হিসাবে শতকরা মাত্র তিন ভাগ। স্বল্প হইলেও এই দ্রবীভূত অক্সিজেনের বিশেষ প্রয়োজনীয়তা আছে। মাছ এবং বহুবিধ জলচর প্রাণী ফুল্কার সাহায্যে এই দ্রবীভূত অক্সিজেন দ্বারা তাহাদের শ্বাসকার্য সম্পন্ন করে। নতুবা অধিকাংশ জলচর প্রাণীর অস্তিত্ব থাকিত না।

(২) অক্সিজেনের রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক। কাঠ, কেরোসিন, মোম, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি বাতাসে আগুন ধরাইয়া দিলে উহারা জ্বলিয়া ওঠে এবং পুড়িতে থাকে। পুড়িবার সময় উত্তাপ ও অল্পাধিক আলোর সৃষ্টি হয়। এই প্রজ্বলনের সময় প্রকৃতপক্ষে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত ঐ সকল পদার্থের রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয়। জ্বলন্ত মোমবাতির উপর যদি একটি গ্লাস চাপা দাও অথবা হারিকেন লণ্ঠনের নীচের বায়ু-প্রবেশের পথ বন্ধ করিয়া দাও তবে মোম বা লণ্ঠনের বাতি আর জ্বলিবে না।

যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াতে তাপ ও আলোক উৎপন্ন হয় সেই সমস্ত ক্রিয়াকে **'দহন'** বলা হয়। বাস্তবিক পক্ষে, বায়ু ব্যতিরেকেও দহন হইতে পারে, যেমন সোডিয়াম ও ক্লোরিন গ্যাস মিলিত হইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড হওয়ার সময় তাপ ও আলোর সৃষ্টি হয়। ইহাও একটি দহন-ক্রিয়া। তবে অধিকাংশ ক্ষেত্রেই দেখা যায় দহন-ক্রিয়াতে দাহ্য বস্তুটির সহিত অক্সিজেনের মিলন হয়।

(৩) অক্সিজেন নিজে দাহ্য পদার্থ নহে, কিন্তু অপরের দহন-ক্রিয়ায় সহায়তা করে। যে সমস্ত বস্তু বাতাসে পোড়ে, উহারা অক্সিজেন গ্যাসে আরও দ্রুত এবং অধিকতর উজ্জ্বলতার সহিত পুড়িয়া থাকে।

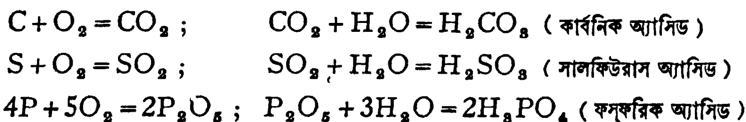
পরীক্ষা: একটি পাটকাঠির মাথায় আগুন ধরাইয়া লও, উহা জ্বলিতে থাকিবে। ফুঁ দিয়া উহার শিখাটি নিভাইয়া দাও। আলোর শিখা না থাকিলেও কাঠির অগ্রভাগ তখনও লাল হইয়া আস্তে আস্তে পুড়িতে থাকিবে। এইরূপ জ্বলন্ত কাঠিটি একটি অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারের ভিতর

প্রবেশ করাইয়া দাও। দেখিবে, কাঠিটি এখন উজ্জ্বল-শিখাসহ জ্বলিতেছে। অক্সিজেন নিজে কিন্তু জ্বলিবে না, অপরের প্রজ্বলন-ক্রিয়ায় উহা সাহায্য করিবে।

(৪) অক্সিজেন সোজাসুজি বহু ধাতব এবং অধাতব মৌলিক পদার্থের সহিত যুক্ত হইতে পারে। অনেক ক্ষেত্রেই এই সংযোগের কালে তাপ ও আলোর উৎপত্তি হয়। সুতরাং, এই সকল রাসায়নিক ক্রিয়া প্রায়ই দহন বলিয়া মনে করা যায়। কোন মৌলিক পদার্থ ও অক্সিজেনের সহযোগে যে যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে অক্সাইড বলে।

পরীক্ষা ঃ এক টুকরা কাঠ কয়লা (কার্বন) উজ্জ্বলন-চামচে লইয়া বুনসেন-দীপে উত্তপ্ত কর। যখন উহা লাল হইয়া উঠিবে, উহাকে চামচ-সহ একটি অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইয়া দাও। দেখিবে কয়লাটি উজ্জ্বল আলোর সহিত জ্বলিতেছে। দহনের ফলে উৎপন্ন গ্যাসটি কার্বন ডাই-অক্সাইড।

কার্বনের পরিবর্তে সালফার, ফসফরাস প্রভৃতির টুকরা যদি উজ্জ্বলন-চামচে উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারে দেওয়া যায়, উহারাও প্রদীপ্ত শিখার সহিত জ্বলিতে থাকিবে। এই সকল অধাতব অক্সাইড অম্লজাতীয় এবং উহারা জলের সহিত মিলিয়া বিভিন্ন অ্যাসিডের সৃষ্টি করে। উহা নীল লিটমাসকে লাল করিয়া দেয়।



$C+O_2=CO_2$; $CO_2+H_2O=H_2CO_3$ (কার্বনিক অ্যাসিড)

$S+O_2=SO_2$; $SO_2+H_2O=H_2SO_3$ (সালফিউরাস অ্যাসিড)

$4P+5O_2=2P_2O_5$; $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$ (ফস্‌ফরিক অ্যাসিড)

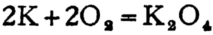
পরীক্ষা ঃ উজ্জ্বলন-চামচে এক টুকরা সোডিয়াম লও। বুনসেন দীপের উপর চামচটি একটু উত্তপ্ত করিলেই সোডিয়াম গলিয়া যাইবে। তখন উহাকে একটি অক্সিজেন-পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইয়া দাও। দেখিবে হলুদ-রঙের আলোর সহিত উহা জ্বলিতেছে। সোডিয়ামের পরিবর্তে পটাসিয়াম লইয়া এই পরীক্ষা করিতে পার। পটাসিয়াম দহন হওয়ার সময় বেগুনী রঙের আলো বিকিরণ করিবে।

একটি জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়ামের তার যদি অক্সিজেনের গ্যাসজারে দেওয়া যায়, তাহা হইলে উহা একটি প্রখর আলোক-রশ্মির সৃষ্টি করিবে এবং অতি দ্রুত উহা পুড়িয়া যাইবে।

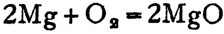
প্রত্যেকটি ধাতুর দহনের ফলেই কিছু ভস্ম পাওয়া যাইবে। এইগুলি ধাতুর অক্সাইড। ধাতব অক্সাইডগুলি সাধারণতঃ ক্ষার-জাতীয়। এই দ্রবণগুলি লাল লিটমাসকে নীল করিয়া দেয়।

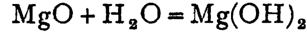

$2Na + O_2 = Na_2O_2$

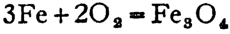

$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$


$2K + 2O_2 = K_2O_4$


$2K_2O_4 + 2H_2O = 4KOH + 3O$


$2Mg + O_2 = 2MgO$


$MgO + H_2O = Mg(OH)_2$


$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$

অন্যান্য মৌলিক পদার্থের মত কপার, সিলভার প্রভৃতি ধাতু যদি অক্সিজেন গ্যাসে রাখিয়া বা অক্সিজেন প্রবাহের ভিতর উত্তপ্ত করা হয়, তাহা হইলে এই সকল ধাতু আস্তে আস্তে উহাদের অক্সাইডে পরিণত হয় বটে, কিন্তু কোন আলো বা শিখার উৎপত্তি হয় না। অক্সিজেন সংযোগ হইলেও ইহাকে দহন-ক্রিয়া মনে করা যায় না।


$2Cu + O_2 = 2CuO \qquad 4Ag + O_2 = 2Ag_2O$

প্লাটিনাম জাতীয় কয়েকটি অভিজাত ধাতু, আরগন প্রভৃতি পাঁচটি বিরল গ্যাস, ক্লোরিন, ব্রোমিন ইত্যাদি চারিটি হ্যালোজেন—এই কয়টি মৌল সাক্ষাৎ-ভাবে অক্সিজেনের সহিত যৌগ সৃষ্টি করিতে পারে না।

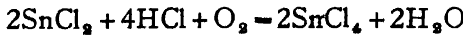
(৫) অনেক যৌগিক পদার্থের সহিতও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া রাসায়নিক ক্রিয়া সংসাধিত করে। যেমন, $2NO + O_2 = N_2O_4$

স্বচ্ছ, বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাসের সঙ্গে অক্সিজেন সংস্পর্শে আসামাত্র উহা লাল রং-এর নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করার জন্য অনেক সময় এই ক্রিয়ার সহায়তা লওয়া হয়।

সালফিউরাস অ্যাসিড, অথবা ফেরাস, স্ট্যানাস, ম্যাঙ্গানাস প্রভৃতি লবণের দ্রবণ অক্সিজেনের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় রাসায়নিক বিক্রিয়া করে।


$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$


$4FeCl_2 + 4HCl + O_2 = 4FeCl_3 + 2H_2O$


$2SnCl_2 + 4HCl + O_2 = 2SnCl_4 + 2H_2O$

বিভিন্ন প্রভাবকের উপস্থিতিতে অক্সিজেনের সক্রিয়তা বিশেষ বৃদ্ধি পায় এবং নানা বিক্রিয়ার সংঘটন করিয়া থাকে। প্লাটিনামের সাহায্যে সালফার ডাই-অক্সাইড ট্রাই-অক্সাইডে এবং অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।


$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$


$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$

(৬) পটাসিয়াম পাইরোগেলেটের ক্ষারীয় দ্রবণ অথবা অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস-ক্লোরাইডের ক্ষারীয় দ্রবণ অক্সিজেন গ্যাসকে দ্রুত শোষণ করিয়া লয়। অক্সিজেন প্রকৃতপক্ষে ইহাদের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া করে, কেবলমাত্র দ্রবীভূত হইয়া থাকে না।

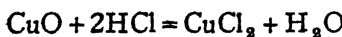
* **১৭-৩। অক্সিজেনের ব্যবহার**ঃ (১) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ একটি সরু নলের মুখে জ্বালাইয়া দিলে প্রায় বর্ণহীন একটি অত্যন্ত উত্তপ্ত শিখার সৃষ্টি হয়। ইহাকে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা বলে। বিভিন্ন ধাতু বা কঠিন পদার্থ গলাইবার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। অ্যাসিটিলিন গ্যাসের সহিত অক্সিজেন মিশাইয়াও ঐরূপ অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা করা যাইতে পারে। ধাতুর পাত প্রভৃতি জুড়িতে এই সকল শিখার বহুল ব্যবহার আছে।

(২) সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে প্রচুর অক্সিজেন প্রয়োজন হয়।

(৩) প্রাণীমাত্রেরই জীবনধারণের জন্য প্রতিনিয়ত বাতাসের প্রয়োজন হয়। প্রশ্বাসের সহিত এই বাতাস প্রাণিদেহে প্রবেশ করে। বাতাসের অক্সিজেন দেহাভ্যন্তরে প্রেরিত খাদ্যদ্রব্যের সহিত রাসায়নিক ক্রিয়া করে এবং উহাদিগকে জারিত করিয়া দেয়। এই ক্রিয়ার ফলে দেহের ভিতরে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয়-বাষ্প ও তাপের সৃষ্টি হয়। এইভাবে আমাদের জীবন-রক্ষা হয়। অতএব প্রাণি-জগতের অস্তিত্বের মূলে আছে অক্সিজেন। ইহাই অক্সিজেনের শ্রেষ্ঠ ব্যবহার। জলের নীচে ডুবুরীদের, উড়োজাহাজের চালকের, রোগীর শ্বাসকষ্টের সময় শ্বাসকার্য পরিচালনার জন্য কৃত্রিম উপায়ে অক্সিজেন সরবরাহ করা হয়।

* **১৭-৪। "অক্সাইড"**—কোন মৌলিক পদার্থের সহিত অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া যে যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে তাহাকেই 'অক্সাইড' বলা হয়। অক্সাইড-সমূহকে উহাদের ধর্ম ও ব্যবহার অনুযায়ী বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে।

* (১) **ক্ষারকীয় অক্সাইড (Basic oxide)**ঃ যে সকল অক্সাইড অ্যাসিডের সহিত সতত ক্রিয়াশীল হয় এবং তাহার ফলে লবণ ও জল উৎপন্ন করে, তাহাদিগকে ক্ষারকীয় অক্সাইড বলে। সচরাচর ধাতব অক্সাইডসমূহ ক্ষারকীয় অক্সাইড হইয়া থাকে।



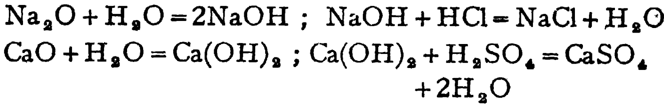
$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$



$$MgO + H_2SO_4 = MgSO_4 + H_2O$$ ইত্যাদি।

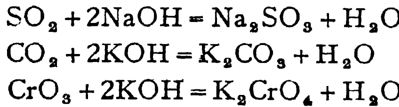
সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড জলে দ্রব হয় এবং জলের সহিত মিলিয়া উহারা ক্ষার প্রস্তুত করে। ক্ষারগুলিও অ্যাসিডের

সহিত ক্রিয়ার ফলে লবণ এবং জল উৎপন্ন করে। এই সমস্ত দ্রবণ লাল লিট্‌মাস্‌কে নীল রঙে পরিবর্তিত করে।



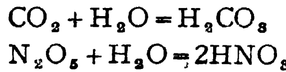
$$Na_2O + H_2O = 2NaOH \; ; \; NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 \; ; \; Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$$

(২) **আম্লিক অক্সাইড (Acidic oxide)ঃ** যে সকল অক্সাইড ক্ষার-জাতীয় পদার্থের সহিত সতত ক্রিয়াশীল হয় এবং উহার ফলে লবণ ও জলে পরিণত হয় তাহাদিগকে আম্লিক অক্সাইড বলে। সচরাচর অধাতব অক্সাইড-সমূহ আম্লিক অক্সাইড হয়। যেমন,



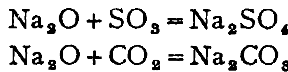
$$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$$
$$CO_2 + 2KOH = K_2CO_3 + H_2O$$
$$CrO_3 + 2KOH = K_2CrO_4 + H_2O$$

আম্লিক অক্সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিডের সৃষ্টি করে এবং অ্যাসিড মাত্রেরই নীল লিটমাসকে লাল লিটমাসে পরিবর্তন করার ক্ষমতা আছে।



$$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$$
$$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$$

আম্লিক ও ক্ষারকীয় অক্সাইড স্পষ্টতঃই পরস্পরের বিরোধী। কখন কখনও এই দুই জাতীয় অক্সাইড যুক্ত হইয়া লবণ উৎপন্ন করে। যেমন,

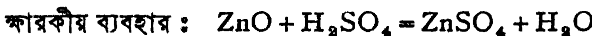


$$Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$$
$$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3$$

(৩) **উভধর্মী অক্সাইড (Amphoteric oxide)ঃ** কোন কোন অক্সাইডের মধ্যে ক্ষারকীয় এবং আম্লিক উভয় অক্সাইডেরই ধর্ম বিদ্যমান থাকে। উহারা অ্যাসিড এবং ক্ষারক উভয়ের সঙ্গেই বিক্রিয়া করে এবং উভয় ক্ষেত্রেই লবণ ও জল উৎপন্ন করে। এই কারণে উহাদিগকে উভধর্মী অক্সাইড বলা হয়। যেমন, জিঙ্ক অক্সাইড, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড প্রভৃতি।



আম্লিক ব্যবহার ঃ $ZnO + 2NaOH = Zn(ONa)_2 + H_2O$

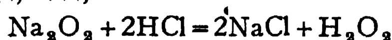


ক্ষারকীয় ব্যবহার ঃ $ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$

(৪) **প্রশম অক্সাইড (Neutral oxide)ঃ** যে সমস্ত অক্সাইড অ্যাসিড বা ক্ষারক কাহারও সহিত ক্রিয়া করে না এবং জলে দ্রবীভূত অবস্থাতেও

লিটমাসের রঙের কোন পরিবর্তন করে না, তাহাদিগকে প্রশম অক্সাইড বলা যাইতে পারে। জল, নাইট্রাস অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড ইত্যাদি প্রশম অক্সাইড শ্রেণীভুক্ত।

(৫) **পার-অক্সাইড (Peroxide)** : হাইড্রোজেনের স্বাভাবিক অক্সাইড জল (H_2O), কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া হাইড্রোজেন আরও একটি অক্সাইড উৎপন্ন করে। উহাকে বলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, সঙ্কেত H_2O_2। কোন কোন ধাতব অক্সাইডেও অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন সংযুক্ত আছে দেখা যায় এবং উহারা অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন করে। ঐ সকল ধাতুর অক্সাইডকে পার-অক্সাইড বলা হয়, যেমন,



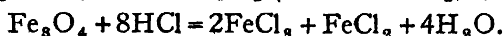
$$Na_2O_2 + 2HCl = 2NaCl + H_2O_2$$



$$BaO_2 + 2HCl = BaCl_2 + H_2O_2$$

অতিরিক্ত পরিমাণ অক্সিজেন সন্নিবিষ্ট হইলেই যে উহা পার-অক্সাইড হইবে, এমন কোন নিশ্চয়তা নাই। MnO_2, PbO_2 প্রভৃতিতে উহাদের সাধারণ ক্ষারকীয় অক্সাইড হইতে বেশী পরিমাণ অক্সিজেন আছে, কিন্তু উহারা অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়ার ফলে H_2O_2 দিতে পারে না। ইহাদিগকে উচ্চতর অক্সাইড বা পলি-অক্সাইড বলা হয়।

(৬) **যুগ্ম-অক্সাইড**—কোন কোন অক্সাইডের সঙ্কেত এই রকম যে উহাদিগকে দুইটি বিভিন্ন অক্সাইডের মিশ্রণ মনে করা যাইতে পারে। যেমন, Fe_3O_4 (Fe_2O_3, FeO), অথবা Mn_3O_4 ($2MnO$, MnO_2) ইত্যাদি।



$$Fe_3O_4 + 8HCl = 2FeCl_3 + FeCl_2 + 4H_2O.$$

১৭-৫। জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া (Oxidation and Reduction)

জারণ-ক্রিয়া : কোন পদার্থের জারণ বলিতে সাধারণতঃ উহার সহিত অক্সিজেনের সংযোগ বুঝায়। যে পদার্থের সহিত অক্সিজেন যুক্ত হয়, তাহা জারিত হইয়াছে বলা হয়। ম্যাগনেসিয়াম বা ফসফরাস দহনকালে অক্সিজেনের সহিত সংযোগ ঘটে। অর্থাৎ উহারা জারিত হইয়া উহাদের অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। সেইরূপ সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণের ফলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$2Mg + O_2 = 2MgO.$$



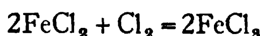
$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5. \quad 2SO_2 + O_2 = 2SO_3.$$

অক্সিজেন সংযোগ না হইয়া যদি কোন বিক্রিয়ার ফলে কোন পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন দূরীকৃত হয়, তাহাও জারণ-ক্রিয়া বলিয়া পরিগণিত হয়। কোন যৌগ হইতে হাইড্রোজেন সরাইয়া লওয়াও সেই পদার্থের জারণ বলিয়া ধরা হয়। হাইড্রোজেন সালফাইডের (H_2S) সহিত ব্রোমিনের বিক্রিয়ার ফলে উহার হাইড্রোজেন চলিয়া যায় এবং সালফার পাওয়া যায়। এখানে হাইড্রোজেন সালফাইড জারিত হইয়া সালফার দিতেছে।



$$H_2S + Br_2 = S + 2HBr.$$

এই দুই প্রকার বিক্রিয়া ব্যতীতও জারণ শব্দটি আরও ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। আমরা জানি অক্সিজেন অপরাবিদ্যুৎবাহী মৌল। অক্সিজেনের পরিবর্তে যদি অন্য কোন অপরাবিদ্যুৎবাহী মৌল কোন পদার্থে যুক্ত হয় তাহা হইলে সেই বিক্রিয়াটিও জারণ বলিয়া গণ্য হইবে।



$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$



$$SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4.$$

এই সমস্ত ক্ষেত্রে অপরাবিদ্যুৎবাহী ক্লোরিন যুক্ত হইয়াছে। অতএব ফেরাস ক্লোরাইড জারিত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত হইয়াছে। একথাও বলা যুক্তিসঙ্গত যে ফেরাস ক্লোরাইডের অপরাবিদ্যুৎবাহী ক্লোরিনের অংশের অনুপাত জারণের ফলে বৃদ্ধি পাইয়াছে।



$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

অ্যাসিডের বর্তমানে ফেরাস সালফেট দ্রবণ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড-এর সংস্পর্শে আসিলে ফেরিক সালফেট পাওয়া যায়। ইহা বস্তুতঃ ফেরাস সালফেটের জারণ। জারিত পদার্থ ফেরিক সালফেট। কেন না, ফেরাস সালফেটের অপরাবিদ্যুৎবাহী SO_4-এর অনুপাত এই বিক্রিয়ার ফলে বৃদ্ধি পাইয়াছে।

অতএব, কোন পদার্থে অক্সিজেন সংযোগ, অথবা কোন পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন দূরীকরণ, অথবা কোন পদার্থের অপরাবিদ্যুৎবাহী অংশের অনুপাত বৃদ্ধি—এজাতীয় যে কোন প্রকারের রাসায়নিক সংঘটনকে জারণ বলা হয়।

বিজারণঃ বিজারণ-ক্রিয়া জারণের সম্পূর্ণ বিপরীত। মোটামুটি কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেন সরাইয়া লইলে উহা বিজারিত হইয়াছে বলা হয়।

হাইড্রোজেন গ্যাসে কপার অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে কপার ধাতু পাওয়া যায়, অক্সিজেন হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন করে। অর্থাৎ কপার অক্সাইডের অক্সিজেন দূরীকৃত হয়। ইহাই বিজারণ-ক্রিয়া।



$$CuO + H_2 = Cu + H_2O \;;\quad ZnO + C = Zn + CO$$

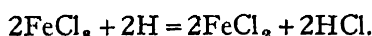
আবার, যদি কোন পদার্থে হাইড্রোজেন যুক্ত হয়, তাহা হইলেও উহা বিজারিত হইয়া থাকে।



$$Cl_2 + H_2 = 2HCl \qquad 2C + H_2 = C_2H_2$$

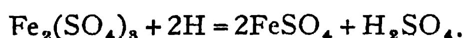
ক্লোরিনের সহিত হাইড্রোজেনের সংযোগ হইয়াছে, ক্লোরিনের বিজারণের ফলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইয়াছে।

'জারণের' মত 'বিজারণ-ক্রিয়া' আরও ব্যাপক অর্থে ব্যবহৃত হয়। কোন পদার্থের অপরাবিদ্যুৎবাহী অংশের অনুপাত বিক্রিয়ার ফলে যদি হ্রাস পায়, তাহা হইলে সেইরূপ বিক্রিয়াকে বিজারণ-ক্রিয়া বলা হয়। ফেরিক ক্লোরাইডের ক্লোরিনের অংশ জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে কমিয়া যায়। উহা ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়।



$$2FeCl_3 + 2H = 2FeCl_2 + 2HCl.$$

ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়াছে। সেইরূপ জায়মান হাইড্রোজেনের সাহায্যে ফেরিক সালফেটকেও বিজারিত করিয়া ফেরাস সালফেট পাওয়া যায়।



$$Fe_2(SO_4)_3 + 2H = 2FeSO_4 + H_2SO_4.$$

এখানেও অপরাবিদ্যুৎবাহী SO_4এর অনুপাত বিজারণের ফলে কমিয়া গিয়াছে। অথবা,



$$HgCl_2 + Hg = Hg_2Cl_2$$

এই বিক্রিয়াতে মারকিউরিক ক্লোরাইড মারকিউরাস ক্লোরাইড হওয়াতে অপরাবিদ্যুৎবাহী Cl_2এর অনুপাত কমিয়াছে। সুতরাং ইহা $HgCl_2$এর বিজারণ।

অতএব, কোন পদার্থে হাইড্রোজেন সংযোগ, অথবা কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেন দূরীকরণ, অথবা কোন পদার্থের অপরাবিদ্যুৎবাহী অংশের অনুপাত হ্রাস—এই জাতীয় যে কোন প্রকারের রাসায়নিক সংঘটনকে বিজারণ বলা হয়।

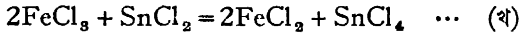
জারক ও বিজারক দ্রব্য : যে সকল পদার্থের সাহায্যে কোন বস্তুর জারণ-কার্য সম্পাদিত হয় উহাদিগকে 'জারক দ্রব্য' এবং যে সকল পদার্থের সাহায্যে বিজারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন করা যায় তাহাদিগকে 'বিজারক দ্রব্য' বলে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড কালো লেড সালফাইডকে অক্সিজেন সংযোগে জারিত করিয়া সাদা লেড সালফেটে পরিণত করে। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড এই স্থলে জারক-দ্রব্য।



$$PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O \quad \cdots \quad (ক)$$

আবার, স্ট্যানাস ক্লোরাইড ফেরিক ক্লোরাইডের অপরাবিদ্যুৎবাহী ক্লোরিনের অংশ কমাইয়া উহাকে বিজারিত করিয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত করে। স্ট্যানাস ক্লোরাইড বিজারক দ্রব্য।



$$2FeCl_3 + SnCl_2 = 2FeCl_2 + SnCl_4 \quad \cdots \quad (খ)$$

একটু অনুধাবন করিলেই দেখা যাইবে, এই বিক্রিয়াগুলিতে প্রত্যেকটি জারণ-ক্রিয়ার সহিত একটি বিজারণ-ক্রিয়াও সংশ্লিষ্ট আছে। 'ক' চিহ্নিত সমীকরণে PbSএ অক্সিজেন যুক্ত হইয়াছে। উহার জারণ হইয়াছে। সঙ্গে সঙ্গে H_2O_2 হইতে আংশিক অক্সিজেন দূরীভূত হইয়া জল উৎপন্ন হইয়াছে। অতএব অক্সিজেন দূরীকরণ দ্বারা H_2O_2এর বিজারণ সম্পন্ন হইয়াছে এবং এই বিজারণ-কার্যে PbS বিজারক দ্রব্যের অংশ গ্রহণ করিয়াছে। অতএব আমরা বলিতে পারি, এই বিক্রিয়াতে জারণ এবং বিজারণ উভয় কার্যই সংঘটিত হইয়াছে। বিজারক দ্রব্য (PbS) জারিত হইয়াছে এবং জারক দ্রব্য (H_2O_2) বিজারিত হইয়াছে।

'খ' চিহ্নিত বিক্রিয়াতে দেখা যাইবে, $FeCl_3$ হইতে ক্লোরিনের অংশ কমিয়াছে, উহা বিজারিত হইয়াছে। এখানে বিজারক দ্রব্য $SnCl_2$। আবার বিক্রিয়ার ফলে $SnCl_2$-এ অপরাবিদ্যুৎবাহী Cl_2 যুক্ত হইয়াছে, অর্থাৎ $SnCl_2$ জারিত হইয়াছে। সুতরাং জারণ এবং বিজারণ ক্রিয়া উভয়ই বর্তমান। বিজারক দ্রব্য ($SnCl_2$) জারিত হইয়াছে এবং জারক দ্রব্য ($FeCl_3$) বিজারিত হইয়াছে।

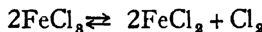
এই কারণেই বলা হয়, 'জারণ ও বিজারণ কার্য যুগপৎ সম্পন্ন হয়।'

অক্সিজেন, ওজোন, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, হ্যালোজেন, নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ইত্যাদি বিশেষরূপে জারক দ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

জায়মান হাইড্রোজেন, হাইড্রোজেন গ্যাস, হাইড্রোজেন সালফাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, স্ট্যানাস্ ক্লোরাইড, হাইড্রো-আয়ডিক অ্যাসিড, কার্বন, কার্বন-মনোক্সাইড ইত্যাদি সাধারণতঃ বিজারক দ্রব্য হিসাবে প্রয়োগ করা হয়।

* * * *

আমরা দেখিয়াছি, ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইলে ফেরাস্ ক্লোরাইড হইয়া থাকে।

বিজারণ

$$2FeCl_3 \rightleftharpoons 2FeCl_2 + Cl_2$$
জারণ

ক্লোরিন একযোজী। অতএব ফেরিক ক্লোরাইডে আয়রন পরমাণু ত্রি-যোজী এবং ফেরাস ক্লোরাইডে উহা দ্বিযোজী। অর্থাৎ বিজারণের ফলে আয়রনের যোজ্যতা কমিয়া গিয়াছে। অথবা জারণের ফলে আয়রনের যোজ্যতা বাড়িয়া থাকে। স্তরাং **যে সমস্ত বিক্রিয়াতে পদার্থের পরাবিদ্যুৎবাহী অংশের (অর্থাৎ ধাতুর) যোজ্যতা বৃদ্ধি পায় সেই সকল রাসায়নিক পরিবর্তন জারক-শ্রেণীভুক্ত।** যেমন, $SnCl_2$ জারিত করিলে $SnCl_4$ হইয়া থাকে।

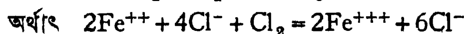

$$SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$$

টিনের যোজ্যতা জারণের ফলে দুই হইতে চার হইয়াছে।

* * * *

ক্লোরিনের সাহায্যে ফেরাস ক্লোরাইড দ্রবণ জারিত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইড হইয়া থাকে। দ্রব অবস্থায় ফেরাস ক্লোরাইড বিয়োজিত হইয়া Fe^{++} ক্যাটায়ন এবং Cl^- অ্যানায়ন সৃষ্টি করে।


$$FeCl_2 = Fe^{++} + 2Cl^-$$

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

অর্থাৎ $$2Fe^{++} + 4Cl^- + Cl_2 = 2Fe^{+++} + 6Cl^-$$

জারণের ফলে আয়রন আয়ন আরও ইলেকট্রন ছাড়িয়া দেয় এবং ক্লোরিন সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করে। এখানে স্পষ্টতঃই আয়রন জারিত হইতেছে এবং ক্লোরিন বিজারিত হইতেছে। অতএব, কোন পদার্থ হইতে ইলেকট্রন সরাইয়া লইলে উহার জারণ হয় এবং যাহা ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাহাই বিজারিত হইয়া থাকে।


$$Fe^{++} - e = Fe^{+++}$$ [জারণ]

$$Fe^{+++} + e = Fe^{++}$$ [বিজারণ]

বিজারক দ্রব্য সর্বদাই ইলেকট্রন ছাড়িয়া দেয় এবং জারকদ্রব্য সর্বদাই ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া থাকে।

১৭·৬। প্রভাবন (Catalysis): প্রত্যেক রাসায়নিক পরিবর্তন বা বিক্রিয়ার একটা বেগ আছে। কোন কোন ক্ষেত্রে পরিবর্তন খুব দ্রুত হয় আবার কোন কোন ক্ষেত্রে বিক্রিয়ার গতি মন্থর। প্রায়ই দেখা যায়, এই সকল রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় কোন কোন পদার্থ যোগ করিয়া দিলে, উহাদের বেগের পরিবর্তন হয়। অথচ এই সকল পদার্থের সহিত সেইসব রাসায়নিক বিক্রিয়ার কোন প্রত্যক্ষ সংস্রব নাই, এবং প্রকৃতপক্ষে এই সকল পদার্থ বিক্রিয়া শেষে রাসায়নিক বিচারে অপরিবর্তিত থাকে। এই পদার্থগুলি ঐ সকল বিক্রিয়াতে (আপাততঃ) অনাবশ্যক। এইভাবে বিভিন্ন দ্রব্যের মাত্র উপস্থিতির সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতির হ্রাসবৃদ্ধি করাকে 'প্রভাবন' বলা হয়। যে সমস্ত পদার্থ এইভাবে বিক্রিয়ার গতিবেগ প্রভাবিত করে তাহাদের 'প্রভাবক' (Catalyst) বলে।

প্রভাবক দুই প্রকারের হইতে পারে, যে সকল পদার্থ কেবলমাত্র উপস্থিতি দ্বারা কোন রাসায়নিক ক্রিয়া দ্রুততর করে তাহাদিগকে 'বর্ধক' (positive catalyst) বলে। আবার যে সকল পদার্থ উপস্থিত থাকিয়া কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি কমাইয়া দেয় তাহাদিগকে 'বাধক' (negative catalyst) বলা হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়:— $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

যদি একটু প্লাটিনাম-কজ্জল উহাতে দেওয়া যায়, তাহা হইলে এই পরিবর্তনটি অত্যন্ত দ্রুত সাধিত হইবে, অথচ প্লাটিনাম-কজ্জলীর কোন রকম রাসায়নিক পরিবর্তন হইবে না। অপরদিকে, যদি হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে একটু সালফিউরিক অ্যাসিড দেওয়া যায় তবে উহার বিযোজন-গতি খুব কমিয়া যাইবে। অতএব এইক্ষেত্রে প্লাটিনাম বর্ধক এবং সালফিউরিক অ্যাসিড বাধকের কাজ করে।

সোডিয়াম সালফাইট দ্রবণ বাতাসে রাখিয়া দিলে সোডিয়াম সালফেটে পরিণত হয়। $2Na_2SO_3 + O_2 = 2Na_2SO_4$.

একটু কপার সালফেট দিলে ইহার গতিবেগ খুব বৃদ্ধি পায় এবং অল্প একটু

গ্লিসারিন দিলে এই বিক্রিয়াটির পরিবর্তন প্রায় বন্ধ হইয়া যায়; সুতরাং এই বিক্রিয়াতে কপার সালফেট বর্ধক এবং গ্লিসারিন বাধকরূপে কাজ করে।

প্রভাবন-ক্রিয়াগুলি পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে :— .

(১) প্রভাবকগুলির শেষ পর্যন্ত কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না, এবং উহাদের ওজনেরও কোন তারতম্য ঘটে না।

(২) সাধারণতঃ খুব অল্প পরিমাণ প্রভাবক থাকিলেই রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতির যথেষ্ট হ্রাসবৃদ্ধি হইয়া থাকে।

(৩) প্রভাবক কেবল কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার গতি বাড়াইতে বা কমাইতে পারে, কিন্তু যে সকল বিক্রিয়া কোন নির্দিষ্ট অবস্থায় হয় না, তাহা সংঘটন করাইতে পারে না।

(৪) কোন বিক্রিয়ার গতি পরিবর্তন করিতে সক্ষম হইলেও প্রভাবক সেই বিক্রিয়ার মোট পরিবর্তনের পরিমাণের কোন ব্যতিক্রম করিতে পারে না। যথা, হাইড্রোজেন ও আয়োডিন গ্যাস মিলিত হইয়া হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড হয়। $H_2+I_2=2HI$। টান্‌স্টেন বা সিলিকা দিলে এই বিক্রিয়াটি দ্রুততর হয় বটে কিন্তু হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডের পরিমাণ বেশী পাওয়া যাইবে না।

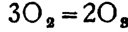
১৭-৭। বহুরূপতা (Allotropy) : কখনও কখনও দেখা যায়, একই মৌল প্রকৃতিতে ভিন্ন ভিন্ন রূপ থাকে। অর্থাৎ একই মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন প্রকারভেদ সম্ভব। এই বিভিন্ন প্রকারগুলির অবস্থাগত ধর্মের অবশ্যই বিভিন্নতা আছে এবং অনেক সময় উহাদের রাসায়নিক ধর্মেরও খানিকটা বৈসাদৃশ্য দেখা যায়। মৌলের এইরূপ বিভিন্নরূপে বর্তমান থাকার গুণটিকে বহুরূপতা বলে। যেমন কার্বনের সাত রকম রূপভেদ সম্ভব। উহার দুই প্রকার স্ফটিকাকার, অপর পাঁচটি অনিয়তাকার। সালফার, অক্সিজেন, ফসফরাস প্রভৃতি আরও অনেক মৌলিক পদার্থে এই রকম রূপভেদ বর্তমান। যদিও, এই রকম কোন বহুরূপী মৌলের সমস্ত প্রকারই একই পরমাণুগঠিত, তবুও উহাদের গঠন-পদ্ধতির বিভিন্নতার জন্য বিভিন্ন রূপভেদের সৃষ্টি হয়

১৭-৮। ওজোন (Ozone), O_3 : ওজোন ও অক্সিজেন বস্তুতঃ একই মৌলিক পদার্থ—দুইটি রূপভেদ মাত্র। ওজোনের প্রতি অণুতে তিনটি পরমাণু আর অক্সিজেনের অণুতে দুইটি পরমাণু বর্তমান। অর্থাৎ ওজোনের অণু, O_3 এবং অক্সিজেনের অণু, O_2। কিন্তু এই গঠন-বিভিন্নতার জন্য ওজোন এবং অক্সিজেনের ভিতর অবস্থাগত এবং রাসায়নিক ধর্মের যথেষ্ট বৈসাদৃশ্য দেখা যায়।

বায়ুমণ্ডলীর উপরের অংশে খুব স্বল্প পরিমাণে ওজোন পাওয়া যায়।

সম্ভবতঃ অতিবেগনী আলোর সংস্পর্শে বায়ুর অক্সিজেন হইতেই সেখানে ওজোন উৎপন্ন হয়।

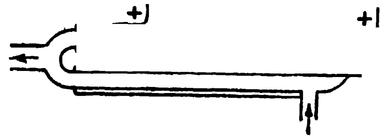
১৭-৯। প্রস্তুতিঃ ল্যাবরেটরীতে সিমেন্স যন্ত্রে সাধারণতঃ শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের সাহায্যে অক্সিজেন হইতে ওজোন উৎপন্ন করা হয়।



$$3O_2 = 2O_3$$

শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ (Silent Electric discharge):—পরা- এবং অপরা-বিদ্যুৎবাহী দুইটি ধাতুকে যদি খুব কাছাকাছি আনা যায় অথচ উহারা পরস্পরকে স্পর্শ না করে, তাহা হইলে পরা- হইতে অপরা-প্রান্তে বিদ্যুৎক্ষরণ হইতে থাকে। এই বিদ্যুৎক্ষরণে স্ফুলিঙ্গের উৎপত্তি হয় এবং যথেষ্ট উত্তাপ ও আলোকের সৃষ্টি হয়। যদি এই দুইটি ধাতুর ভিতর পাতলা কাচ বা অন্য কোন অন্তরক দ্রব্য (insulator) রাখা যায় তাহা হইলেও নিঃশব্দে বিদ্যুৎক্ষরণ হইতে থাকিবে; কিন্তু কোন তড়িৎস্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হইবে না। অবশ্য ধাতু দুইটি যথেষ্ট তড়িৎশক্তিসম্পন্ন হওয়া প্রয়োজন। ইহাকেই শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণ বলা হয়।

(১) **সিমেন্স (Siemens) যন্ত্র:** (চিত্র ১৭গ) এই যন্ত্রে একটি অপেক্ষাকৃত মোটা কাচ-নলের ভিতরে একটি সরু কাচ-নল থাকে। নল দুইটির অক্ষদণ্ড (axis) একই হওয়া প্রয়োজন। সরু নলটির ভিতরের প্রান্তটি বন্ধ থাকে এবং অপর প্রান্তে উহার সহিত বাহিরের নলটি জুড়িয়া দেওয়া হয়। অক্সিজেনের প্রবেশ ও নির্গমের জন্য বাহিরের নলটিতে দুইটি পথ আছে।



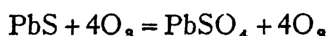
চিত্র ১৭গ—সিমেন্সের যন্ত্র

মোটা নলটির বাহিরের দিক এবং সরু নলটির ভিতরের দিকটি পাতলা টিনের পাত দিয়া মুড়িয়া দেওয়া হয়। ব্যাটারী ও আবেশকুণ্ডলীর সাহায্যে এই টিনের পাত দুইটির ভিতর শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের সৃষ্টি করা হয়। প্রবেশ- ও নির্গম-সাহায্যে দুইটি নলের মধ্যবর্তী অবকাশের ভিতর দিয়া অক্সিজেন গ্যাস আস্তে আস্তে লইয়া যাওয়া হয়। সুতরাং এই গ্যাসটি অদৃশ্য এবং শব্দহীন বিদ্যুৎক্ষরণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইতে বাধ্য হয়। ফলে, নির্গম-পথে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে উহাতে অক্সিজেনের সহিত ওজোন মিশ্রিত আছে দেখা যায়। এইভাবে অক্সিজেনের শতকরা প্রায় ১০ ভাগ ওজোনে পরিণত হয়। স্টার্চ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত এক টুকরা কাগজ নির্গম-নলের মুখে রাখিলে উহা কয়েক সেকেণ্ডের ভিতরেই নীল হইয়া যায় ওজোনের অস্তিত্বের ইহা একটি প্রমাণ।

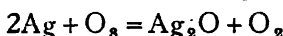
১৭-১০। ওজোনের ধর্ম: (১) ওজোন একটি নীল, মৎস্য-গন্ধযুক্ত গ্যাস। জলে ইহা অক্সিজেন অপেক্ষা অধিকতর দ্রবণীয়। তার্পিন তৈল ওজোনকে খুব সহজেই শোষণ করিয়া লইতে পারে।

বায়ু অপেক্ষা ওজোন প্রায় দেড়গুণ ভারী। উষ্ণতা বৃদ্ধিতে ওজোন ভাঙিয়া অক্সিজেনে পরিণত হয়। $2O_3 = 3O_2$

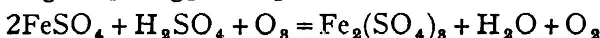
(২) প্রায় সর্বদাই ওজোন বিশেষ ক্ষমতাশীল জারক হিসাবে ক্রিয়া করে। যথা:—



$$PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2$$



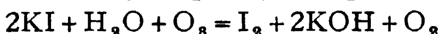
$$2Ag + O_3 = Ag_2O + O_2$$



$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O_3 = Fe_2(SO_4)_3 + H_2O + O_2$$



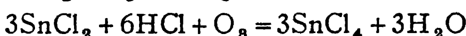
$$2HCl + O_3 = Cl_2 + H_2O + O_2$$



$$2KI + H_2O + O_3 = I_2 + 2KOH + O_2$$

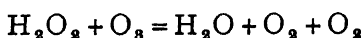


$$2SO_2 + O_3 = 2SO_3$$



$$3SnCl_2 + 6HCl + O_3 = 3SnCl_4 + 3H_2O$$

(৩) ওজোনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, বেরিয়াম পার-অক্সাইড প্রভৃতি বিজারিত হইয়া যায়:—



$$H_2O_2 + O_3 = H_2O + O_2 + O_2$$



$$BaO_2 + O_3 = BaO + O_2 + O_2$$

কয়েকটি পরীক্ষা হইতে ওজোনের অস্তিত্ব নির্ধারণ করা হয়। পৃথক্ পৃথক্ ভাবে এক এক টুকরা কাগজ নিম্নলিখিত দ্রবণে সিক্ত করিয়া লইলে ওজোনের সংস্পর্শে উহাতে বিভিন্ন রঙের সৃষ্টি হয়:—

(ক) স্টার্চ এবং পটাস-আয়োডাইড—নীল
(খ) টেট্রামিথাইল ক্ষারক —বেগুনী
(গ) বেঞ্জিডিন —তামাটে।

ওজোনের ব্যবহার: ব্যাকটিরিয়ার উপর ওজোনের বিষক্রিয়া আছে, সেইজন্য পানীয় জল নির্বীজনে ওজোন খুব ব্যবহৃত হয়। তৈল, মোম প্রভৃতি বিরঞ্জনের জন্য এবং ল্যাবরেটরীতে অনেক জৈব-পদার্থ জারিত করার জন্য ওজোনের প্রয়োজন হয়।

অষ্টাদশ অধ্যায়

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংমিশ্রণে দুইটি যৌগের উৎপত্তি হয়—(১) জল, H_2O এবং (২) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, H_2O_2।

জল, H_2O

বহুদিন পর্যন্ত জল একটি মৌলিক পদার্থ হিসাবেই পরিগণিত হইত। ১৭৮১ সালে ইংরেজ বৈজ্ঞানিক ক্যাভেণ্ডিস বিভিন্ন পরীক্ষার সাহায্যে প্রথম প্রমাণ করেন, জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ।

১৮-১। প্রাকৃতিক জল (Natural water) : উৎস অনুযায়ী প্রাকৃতিক জলকে মোটামুটি চারভাগে বিভক্ত করা হইয়াছে।

(১) **বৃষ্টি-জল :** সমুদ্র, নদ-নদী, জলাশয় প্রভৃতি হইতে জল বাষ্পাকারে উড়িয়া যায়। পরে উহা বায়ুমণ্ডলে শীতল হইলে বৃষ্টি হয়। অতএব ইহাকে স্বাভাবিক উপায়ে পাতিত জল বলা যাইতে পারে।

(২) **নদী-জল :** সাধারণতঃ বৃষ্টির জল হইতে এবং পাহাড়ের উপরের বরফ হইতে নদ-নদীর সৃষ্টি। জলের দ্রাবণীশক্তি খুব বেশী। মাটির উপর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময় উহা বহু রকম পদার্থ দ্রবীভূত করিয়া লয়।

(৩) **প্রস্রবণ-জল :** ভূ-পৃষ্ঠের অভ্যন্তর হইতে বিভিন্ন ছিদ্রপথে জল নিঃসৃত হইয়া প্রস্রবণের সৃষ্টি করে। প্রস্রবণের জলেও বহুবিধ লবণ-জাতীয় দ্রব্য এবং অন্যান্য পদার্থ দ্রবীভূত থাকে।

অতিরিক্ত পরিমাণ লবণ-জাতীয় বস্তু প্রস্রবণ-জলে দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে প্রায়ই খনিজ-জল বলা হয়। ভিন্ন ভিন্ন পদার্থ দ্রবীভূত থাকার জন্য এই জলের স্বাদ এবং প্রকৃতিও বিভিন্ন হইয়া থাকে। সাধারণ কূপ অথবা টিউবওয়েলের জল অনেকটা প্রস্রবণ-জলের মত।

(৪) **সমুদ্র-জল :** ইহাতে দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ সর্বাধিক। খাদ্য-লবণের পরিমাণই খুব বেশী এবং খাদ্য-লবণ ছাড়াও অন্যান্য অনেক লবণ জাতীয় পদার্থ ইহাতে আছে। অত্যধিক লবণাক্ত বলিয়াই ইহা অপেয়।

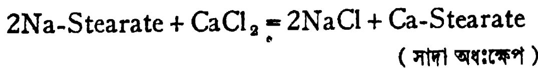
১৮-২। খর জল ও মৃদু জল (Hard and Soft water): সাবান জলে ঘষিলে ফেনা হয়। কিন্তু সকল রকম প্রাকৃতিক জল সাবানের সহিত সহজে ফেনা দেয় না।

মৃদু জল—যে সব জল অতি সহজেই সাবানের ফেনা উৎপন্ন করে তাহাকে মৃদু জল বলে।

খর জল—যে সব জল সহজে সাবানের ফেনা উৎপন্ন করিতে পারে না, তাহাকে খর জল বলে।

জলের খরতার কারণ: প্রাকৃতিক জলে অনেক রকম ধাতব লবণ দ্রবীভূত থাকে। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ঘটিত লবণসমূহ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিলে জল খরতা প্রাপ্ত হয়। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের বাই-কার্বনেট, ক্লোরাইড ও সালফেট সাধারণতঃ খর জলে দ্রবীভূত থাকে।

সাবানে স্টীয়ারিক অ্যাসিড, পামিটিক অ্যাসিড প্রভৃতি কতকগুলি জৈব-অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণ থাকে। এই জৈব লবণগুলি জলের সহিত মিশিয়া ফেনার সৃষ্টি করে। ঐ সকল অ্যাসিডের অন্যান্য ধাতব লবণের এই ক্ষমতা নাই। জলে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়ামের কোন লবণ থাকিলে উহাদের সহিত সাবানের রাসায়নিক ক্রিয়া ঘটে এবং সাবানে আর সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের জৈব-লবণ থাকে না। সুতরাং এই সকল জলে ফেনার সৃষ্টি হয় না। জল খরতা-সম্পন্ন হয়।



$$2\text{Na-Stearate} + CaCl_2 = 2NaCl + \text{Ca-Stearate}$$

(সাদা অধঃক্ষেপ)

খর জলের শ্রেণীবিভাগ: জলের খরতা স্থায়ী ও অস্থায়ী দুই হইতে পারে।

যে সমস্ত খর জল কেবলমাত্র ফুটাইলে বা অন্য কোন সহজ উপায়ে খরতা হইতে মুক্ত হয়, তাহাদিগকে **অস্থায়ী খর জল** বলে। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট থাকার জন্যই জলের অস্থায়ী খরতা হয়।

কিন্তু অনেক জলের খরতা কোন সহজ উপায়ে দূর করা যায় না। উহাদিগকে মৃদু জলে পরিণত করিতে বিশেষ রাসায়নিক প্রক্রিয়ার প্রয়োজন

হয়। এইসব জলকে **স্থায়ী খর জল** বলে। ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের ক্লোরাইড ও সালফেট জলে থাকিলে উহা স্থায়ী খর জল হইয়া থাকে।

জলের খরতা দূরীকরণঃ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ জলে দ্রবীভূত থাকে বলিয়াই জলের খরতা হয়। সুতরাং খরতা দূর করিয়া জল মৃদু করিতে হইলে জল হইতে দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ঘটিত পদার্থগুলিকে কোন প্রক্রিয়া বা রাসায়নিক পরিবর্তনের সাহায্যে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া লইতে হইবে।

জলের অস্থায়ী খরতা দূরীকরণের জন্য দুইটি উপায় অবলম্বিত হয়।

(১) অস্থায়ী খর জলকে ফুটাইলে উহার ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তাপে ভাঙিয়া ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় এবং অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে।

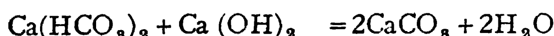


$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$$

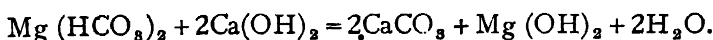


$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2.$$

(২) **ক্লার্ক-পদ্ধতি (Clark's Process):** চুন বা কলিচুনের সাহায্যে জলের অস্থায়ী খরতা দূর করা যায়। চুনের সহিত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম বাই-কার্বনেটের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে জল হইতে উহারা বিভিন্ন যৌগাকারে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া আসে।



$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$

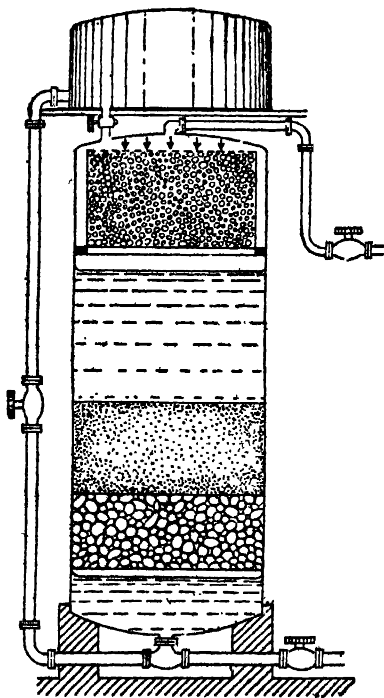


$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O.$$

পারমুটিট্ পদ্ধতিতে জলের সব রকম খরতাই দূর করা সম্ভব।

পারমুটিট্ পদ্ধতি (Permutit Process): জিয়োলাইট (Zeolite) নামক কতকগুলি খনিজ পদার্থ আছে। উহারা অনেকটা সাধারণ মৃত্তিকার মত, এবং সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সিলিকেটের মিশ্রণে গঠিত। কৃত্রিম উপায়েও জিয়োলাইটের মত পদার্থ সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট হইতে তৈয়ারী করা হইয়াছে। উহার নাম দেওয়া হইয়াছে পারমুটিট্। অপেক্ষাকৃত উচ্চ এবং গোলাকার একটি ইট বা লোহার তৈয়ারী প্রকোষ্ঠের মধ্যে পারমুটিট্ রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া উপর হইতে নীচে আস্তে আস্তে

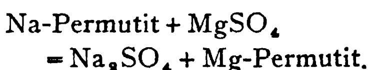
খর জল পরিচালনা করা হয়। পারমুটিট্ স্তরের উপরে ও নীচে খানিকটা মোটা বালু বা পাথরের নুড়ি থাকে। পারমুটিট্ দ্রবীভূত ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম লবণগুলিকে অদ্রবণীয় যৌগে রূপান্তরিত করিয়া জল হইতে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া দেয়। নীচে যে জল সঞ্চিত হয় উহা মৃদু জল।



চিত্র ১৮ক—পারমুটিট্ পদ্ধতি

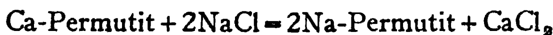


$$\text{Na-Purmutit} + CaCl_2 = 2NaCl + \text{Ca-Permutit}$$

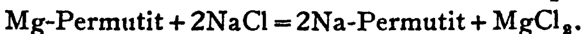


$$\text{Na-Permutit} + MgSO_4 = Na_2SO_4 + \text{Mg-Permutit.}$$

কয়েকদিন ব্যবহারের পর এই পারমুটিটের খরতা-দূরীকরণের ক্ষমতা লোপ পায়; কারণ, উহার সমস্ত সোডিয়াম পারমুটিট্ ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম যৌগে পরিণত হয়। খাদ্য-লবণের গাঢ় দ্রবণের দ্বারা ইহাকে ধৌত করিলে অর্থাৎ খর জলের বদলে সেই পারমুটিটের ভিতর দিয়া খাদ্য লবণের দ্রবণ প্রবাহিত করিলে ইহা আবার পূর্বাবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং পুনরায় জলের খরতা দূর করিতে সমর্থ হয়।



$$\text{Ca-Permutit} + 2NaCl = 2\text{Na-Permutit} + CaCl_2$$



$$\text{Mg-Permutit} + 2NaCl = 2\text{Na-Permutit} + MgCl_2.$$

এই পুনরুজ্জীবনের ফলে একই পারমুটিট্ বহুদিন ব্যবহার করা সম্ভব।

খর জলের কতকগুলি বিশেষ অসুবিধা আছে বলিয়াই ইহাকে মৃদু করা হয়। (১) খর জলের সাহায্যে কাপড় প্রভৃতি পরিষ্কার করিতে সাবানের অপব্যয় হয়। (২) জল অধিক খর হইলে উহা স্বাস্থ্যের পক্ষে অপকারী এবং এই জল পানীয় হিসাবে ব্যবহার করা যায় না। উহাতে অনেক খাদ্যদ্রব্যও সহজে সিদ্ধ করা যায় না। (৩) কেটলীতে এই খর জল উত্তপ্ত করিলে উহা হইতে ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের স্তর কেট্লীর গায়ে জমিতে

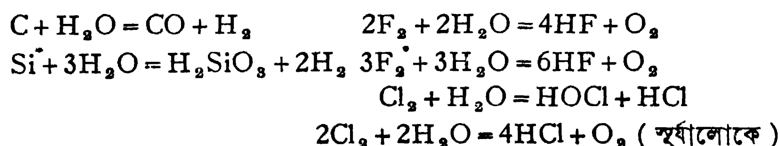
থাকে। যখন বেশ পুরু স্তর পড়িয়া যায় তখন কেট্‌লীতে সহজে জল উত্তপ্ত হয় না। কারণ, পাত্রের তাপ-বাহিতা অনেক কমিয়া যায়। ফ্যাক্টরীর বয়লারেও যদি খর জল ব্যবহার করা হয়, তবে উহাতেও কিছুদিন পরে কার্বনেটের স্তর জমিয়া যায়। পরে অনেক কয়লা পোড়াইলেও জল ফুটান দুষ্কর হইয়া উঠে।

১৮-৩। জলের ধর্ম : বিশুদ্ধ জল বর্ণহীন, স্বাদহীন, গন্ধহীন একটি স্বচ্ছ তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক ১০০° সেন্টিগ্রেড এবং হিমাঙ্ক ০° সেন্টিগ্রেড। ইহার উদ্বায়িতা যথেষ্ট এবং সমস্ত উষ্ণতাতেই ইহা বাষ্পীভূত হইয়া থাকে। ৪° সেন্টিগ্রেডে এক ঘন সেন্টিমিটার জলের ওজনকে এক গ্রাম ধরা হয় এবং ইহাই ওজন ও ঘনত্ব পরিমাপের একক রূপে ব্যবহৃত হয়। জলের দ্রাবণী শক্তি অত্যন্ত বেশী। বহু রকম পদার্থ ইহাতে অনায়াসে দ্রাব্য হইয়া-থাকে।

জল প্রশম অক্সাইড, কিন্তু জলের রাসায়নিক সক্রিয়তা বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(১) সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ক্ষার-ধাতু জলের সংস্পর্শে আসিলেই জল বিশ্লেষিত হইয়া যায়। জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, লৌহ প্রভৃতি ধাতু অধিকতর উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া করিয়া থাকে।

(২) কয়েকটি অধাতুর সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলেও জল বিশ্লেষিত হইয়া যায়।



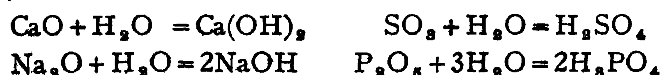
$C + H_2O = CO + H_2$ $\qquad$ $2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2$

$Si + 3H_2O = H_2SiO_3 + 2H_2$ $\qquad$ $3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_2$

$Cl_2 + H_2O = HOCl + HCl$

$2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$ (সূর্যালোকে)

(৩) অনেক ধাতব-অক্সাইড ও অধাতব-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া যথাক্রমে ক্ষার ও অ্যাসিডের উৎপত্তি করে। যথা :—



$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$ $\qquad$ $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

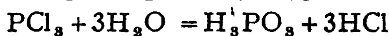
$Na_2O + H_2O = 2NaOH$ $\qquad$ $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

(৪) অনেক যৌগিক-পদার্থ জলের দ্বারা বিশ্লেষিত হইয়া অন্যান্য পদার্থে

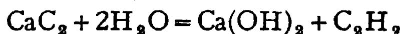
পরিণত হয়। এইরূপ রাসায়নিক ক্রিয়াকে সচরাচর "আর্দ্র-বিশ্লেষ" (Hydrolysis) বলা হয়।



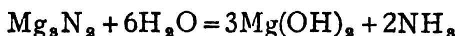
$$AlCl_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3HCl$$



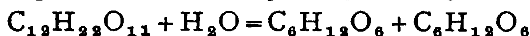
$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$$



$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$$



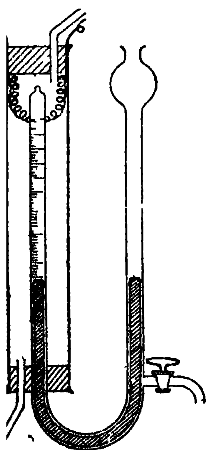
$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$



$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

চিনি গ্লুকোজ ফ্রুক্টোজ

১৮-৪ জলের আয়তন-সংযুতি : হফম্যানের পরীক্ষা : একটি U-আকৃতিবিশিষ্ট গ্যাসমান যন্ত্রে (Eudiometer) এই পরীক্ষা করা হয়। U-নলটির একটি মুখ বন্ধ থাকে, এবং উহাতে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ দেওয়ার জন্য দুইটি প্লাটিনামের তার লাগান থাকে। নলের এই বাহুটি অংশাঙ্কিত। অপর বাহুর নীচের দিকে স্টপককযুক্ত একটি নির্গম-নল আছে। প্রথমে সম্পূর্ণ নলটি পারদে ভর্তি করিয়া লইয়া উহার অংশাঙ্কিত বাহুতে খানিকটা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ লওয়া হয়। এই মিশ্রণে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তনের অনুপাত রাখা হয়—২ : ১। গ্যাসমান যন্ত্রের বন্ধ বাহুটির চারিপাশে কঞ্চুকের মত আর একটি অপেক্ষাকৃত মোটা নল রাখা হয়। এই বাহিরের নলটির ভিতর দিয়া অ্যামিল অ্যালকোহলের (amyl alcohol) বাষ্প সঞ্চালিত করা হয়। উহার উষ্ণতা প্রায় ১৩২° সেন্টিগ্রেড। ইহার ফলে ভিতরের মিশ্রণটিও উত্তপ্ত থাকে। উষ্ণতা সমতা প্রাপ্ত হইলে গ্যাসমান যন্ত্রের দুইটি বাহুতে পারদ-তল সমান করিয়া প্রমাণ চাপে ভিতরের গ্যাস-মিশ্রণের আয়তনের পরিমাণ জানিয়া লওয়া হয়। প্রয়োজন হইলে পারদ-তল সমান করার জন্য স্টপককের সাহায্যে পারদ বাহির করিয়া লইতে হয়। এখন প্লাটিনাম তার দুইটি একটি আবেশ-কুণ্ডলীর সহিত সংযোগ করিলেই গ্যাস-মিশ্রণের ভিতরে বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি হইবে এবং হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিলিত হইয়া জল উৎপন্ন হইবে। কিন্তু নলটি ১৩২° উষ্ণতায় থাকাতে উৎপন্ন



চিত্র ১৮খ
জলের আয়তন-সংযুতি

জল বাষ্পাকারে থাকিবে (চিত্র ১৮খ)। U-নলের দুই দিকের পারদ আবার সমতলে আনিয়া এই জলীয় বাষ্পের আয়তন জানিতে পারা যায়। সমস্ত পরীক্ষাতেই দেখা যায়, জলীয় বাষ্পের আয়তন পূর্বোক্ত মিশ্রণের আয়তনের দুই-তৃতীয়াংশ।

যন্ত্রটিকে অতঃপর ঠাণ্ডা করিলে এবং নলের খোলা মুখে অধিক পারদ ঢুকাইলে দেখা যাইবে, ক্রমশঃ বাষ্পের আয়তন কমিতেছে এবং পারদ ধীরে ধীরে উপরে উঠিতেছে। এইভাবে সমস্ত বাষ্প জল হইয়া গেলে নলটি পারদে পূর্ণ হইয়া যায়, কোন গ্যাস আর থাকে না। অর্থাৎ যে পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন লওয়া হইয়াছিল তাহার উদ্বৃত্ত আর কিছু থাকে না। অতএব বলিতে পারা যায়, ২ ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন অক্সিজেন মিলিত হইয়া দুই ঘনায়তন জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করে। অতএব, আয়তন হিসাবে, $H_2 : O_2$: জল = ২ : ১ : ২। ইহাই জলের আয়তন-সংযুতি। ইহা হইতেই জলীয় বাষ্পের সঙ্কেতও বাহির করা যাইতে পারে। মনে কর, পরীক্ষাকালীন উষ্ণতায় ও চাপে প্রতি ঘন সেন্টিমিটার যে কোন গ্যাসে x সংখ্যক অণু থাকে [অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প]। সুতরাং

২ ঘনায়তন হাইড্রোজেন + ১ ঘনায়তন অক্সিজেন ≡ ২ ঘনায়তন জলীয় বাষ্প।

∴ ২x হাইড্রোজেন অণু + x অক্সিজেন অণু ≡ ২x জলীয় বাষ্পের অণু।

∴ ১টি হাইড্রোজেন অণু + ½টি অক্সিজেন অণু ≡ ১টি জলীয় বাষ্পের অণু।

অর্থাৎ ২টি হাইড্রোজেন পরমাণু + ১টি অক্সিজেন পরমাণু ≡ ১টি জলীয় বাষ্পের অণু। অতএব, জলীয় বাষ্পের অণুর সঙ্কেত; H_2O।

* হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, H_2O_2

১৮১৯ খ্রীষ্টাব্দে থেনার্ড প্রথমে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড আবিষ্কার করেন।

১৮-৫। প্রস্তুতিঃ সাধারণতঃ খনিজ অ্যাসিডের সাহায্যে সোডিয়াম পার-অক্সাইড, বেরিয়াম-পার-অক্সাইড প্রভৃতি বিভিন্ন পার-অক্সাইড হইতে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

একটি বীকারে সোদক বেরিয়াম পার-অক্সাইডের সহিত অল্প পরিমাণ জল মিশাইয়া একটি লেই (paste) প্রস্তুত করা হয়। অপর একটি বীকারে খানিকটা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। এই দুইটি বীকারই

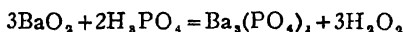
চারিদিকে বরফ দিয়া আবৃত করিয়া রাখা হয় যাহাতে উহাদের উষ্ণতা প্রায় 0° সেন্টিগ্রেড থাকে। এই অবস্থায় লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডটি ক্রমাগত নাড়িতে হয় এবং আস্তে আস্তে উহাতে বেরিয়াম পার-অক্সাইডের লেইটি মিশাইয়া দেওয়া হয়। বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয় :—



$$BaO_2 + H_2SO_4 = H_2O_2 + BaSO_4$$

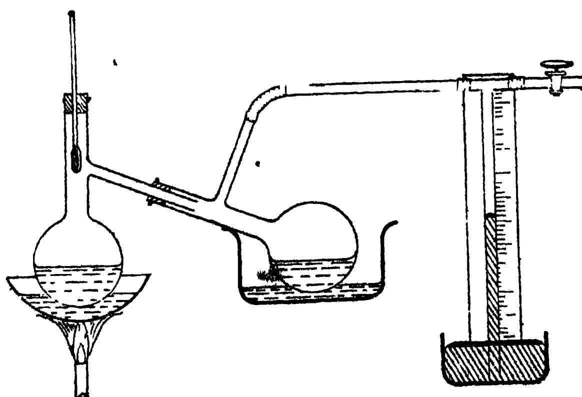
এমন পরিমাণে বেরিয়াম পার-অক্সাইড দিতে হইবে যাহাতে শেষ পর্যন্ত অল্প-পরিমাণ অ্যাসিড উদ্বৃত্ত থাকে। কারণ, বেরিয়াম পার-অক্সাইড বেশী হইলে উৎপন্ন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বিশ্লেষিত হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা আছে। বেরিয়াম সালফেট অদ্রবণীয়; সুতরাং উহা দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া থাকে। ফিল্টার কাগজের সাহায্যে উহাকে ছাঁকিয়া লইলে, পরিস্রুত দ্রবণে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড মিশ্রিত থাকে।

সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে কখনও কখনও অন্যান্য অ্যাসিডও ব্যবহৃত হয়। যেমন,



$$3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 + 3H_2O_2$$

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড : হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড জলের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় প্রস্তুত হয়। জলমুক্ত বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার অক্সাইড পাওয়া একটু কঠিন ব্যাপার। জল হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অপেক্ষা অধিকতর উদ্বায়ী। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের লঘু দ্রবণটি



চিত্র ১৮গ—H_2O_2-এর অনুপ্রেষ-পাতন

প্রথমতঃ একটি থালার মত বিস্তৃত পাত্রে রাখিয়া একটি জলগাহের উপর ৬০°-৭০° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে দ্রবণটি ঘনীভূত হইয়া, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পরিমাণ প্রায় শতকরা ৩৩ ভাগ হইয়া থাকে। আরও ঘনীভূত করিতে গেলে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড বিয়োজিত হইয়া

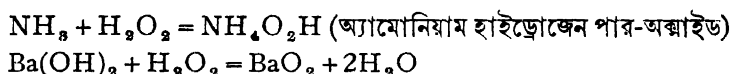
যায়। অতঃপর এই ৬৬% হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণটির অনুপ্রেষ-পাতনের সাহায্যে উহাকে শতকরা ৯৯·১ ভাগ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। এই পাতন ক্রিয়াটি ৮৫° সেন্টিগ্রেডে সম্পন্ন হয়। (চিত্র ১৮গ)।

পাতিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে অতঃপর একটি অনুপ্রেষ শোষকাধারের (Vacuum desiccator) ভিতর সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর রাখিয়া দেওয়া হয়। ধীরে ধীরে সালফিউরিক অ্যাসিড উহার জল শোষণ করিয়া লইলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পাওয়া যায়।

১৮-৬। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ধর্ম:

(১) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সাধারণ অবস্থায় একটি স্বচ্ছ তরল পদার্থ, উহার ঘনত্ব ১·৪৬ গ্রাম। নাইট্রিক অ্যাসিডের মত ইহার একটি তীব্র গন্ধ আছে এবং জলের সহিত ইহা যে কোন অনুপাতে মিশিতে পারে।

(২) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড অম্লজাতীয়। উহা নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিবর্তিত করে, এবং কোন কোন ক্ষারপদার্থের সহিত যুক্ত হয় বা ক্রিয়া করে, যেমন :—



$NH_3 + H_2O_2 = NH_4O_2H$ (অ্যামোনিয়াম হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড)

$Ba(OH)_2 + H_2O_2 = BaO_2 + 2H_2O$

(৩) জলের অণু যেমন বহুবিধ যৌগিক পদার্থের সহিত সংযুক্ত হইয়া নানাবিধ স্ফটিকের সৃষ্টি করে, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড তেমনি অনেক পদার্থের সহিত সংলগ্ন অবস্থায় থাকে। যথা :—



$CO(NH_2)_2, H_2O_2$; $(NH_4)_2SO_4, H_2O_2$; ইত্যাদি

(৪) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড যৌগটি অত্যন্ত অস্থায়ী এবং অতি সহজেই, এমনকি সাধারণ অবস্থাতেও, উহা বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত

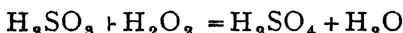


$H_2O_2 = 2H_2O + O_2$

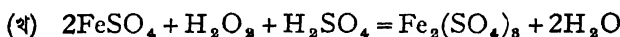
কাচের গুঁড়া, ধূলিকণা, সিলিকা, বিভিন্ন ধাতুচূর্ণ—প্লাটিনামচূর্ণ, কাঠকয়লার গুঁড়া, প্রভৃতির সংস্পর্শে এই বিযোজন অত্যন্ত বৃদ্ধি পায়। উহারা বর্ধকের (positive catalyst) কাজ করে। কঠিন পদার্থের অমসৃণ-তলের সংস্পর্শে বা উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহার বিযোজন বৃদ্ধি পায়। এই ক্রিয়াতে অবশ্য H^+ আয়ন বাধকের (negative catalyst) কাজ করে। এই জন্য হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করার জন্য প্রায়ই উহাতে খুব স্বল্প পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড, ফসফরিক অ্যাসিড, বা বারবিউটিরিক অ্যাসিড মিশাইয়া দেওয়া হয়। গ্লিসারিনও বাধকের মত ব্যবহার করে। ক্ষার পদার্থের উপস্থিতি উহার বিযোজন ত্বরান্বিত করিয়া থাকে এবং ক্ষারের OH^- আয়ন বর্ধকের কাজ করে। ক্যাটালেজ (catalase) নামক উৎসেচকও (enzyme) এই বিযোজনে বিশেষ সহায়ক।

(৫) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের জারণ ক্ষমতাই উহার প্রধান রাসায়নিক ধর্ম। বহু পদার্থকে ইহা জারিত করিয়া থাকে এবং উহার প্রতিটি অণু হইতে একটি অক্সিজেন পরমাণু সর্বদা জারণ-ক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে। জারণের ফলে সর্বদা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নিজে বিজারিত হইয়া জলে পরিণত হয়।


(ক) $PbS + 4H_2O_2 = PbSO_4 + 4H_2O$


$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$


$NaNO_2 + H_2O_2 = NaNO_3 + H_2O$


(খ) $2FeSO_4 + H_2O_2 + H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$

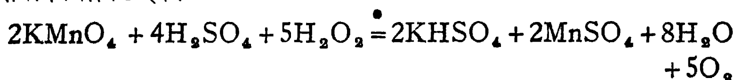

$SnCl_2 + 2HCl + H_2O_2 = SnCl_4 + 2H_2O$


(গ) $H_2S + H_2O_2 = S + 2H_2O$

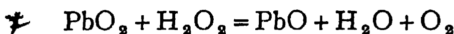

$2KI + H_2O_2 = 2KOH + I_2$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সচরাচর জারকের মত ব্যবহার করিলেও, কোন কোন পদার্থকে ইহা বিজারিত করিতে পারে। যেমন :—

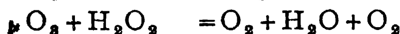
(ক) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের অ্যাসিড-দ্রবণ হাইড্রোজেন পার-অ দ্বারা বিজারিত হয়।


$$2KMnO_4 + 4H_2SO_4 + 5H_2O_2 = 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2$$

(খ) লেড ডাই-অক্সাইড, সিলভার অক্সাইড, ওজোন, ক্লোরিন প্রভৃতিও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সাহায্যে বিজারিত হয় :—


$PbO_2 + H_2O_2 = PbO + H_2O + O_2$


$Ag_2O + H_2O_2 = 2Ag + H_2O + O_2$


$O_3 + H_2O_2 = O_2 + H_2O + O_2$


$Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$

বস্তুতঃ এই বিক্রিয়াসমূহকে সম্পূর্ণরূপে বিজারণ মনে করা যায় না। কারণ বিজারণ-ক্রিয়াতে বিজারকটির নিজের জারিত হওয়া প্রয়োজন। কিন্তু এই সকল ক্ষেত্রে অপর পদার্থগুলি বিজারিত হইলেও, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড নিজে জারিত হয় না; বরং বিজারিত হইয়া জলে পরিণত হয়। এই সকল বিক্রিয়াতে সব সময়েই অক্সিজেন পাওয়া যায়।

১৮-৭। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পরীক্ষা : কয়েকটি সহজ পরীক্ষা দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের অস্তিত্ব নির্ধারণ করা যায়।

(১) স্টার্চ-পটাস-আয়োডাইড-সিক্ত কাগজ উহাতে নীল হয়।

(২) সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত পটাস-পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ উহার সংস্পর্শে বর্ণহীন হইয়া যায়।

(৩) টাইটানিয়াম লবণ ও অ্যাসিড উহার সংস্পর্শে কমলা রঙ ধারণ করে।

(৪) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দিয়া পরে ইথার মিশ্রিত করিলে, ইথারের রঙ নীল হইয়া থাকে। ইহা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের একটি বিশেষ পরীক্ষা।

১৮-৮। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ব্যবহার ঃ (১) ব্যাক্টিরিয়া ও ব্যাসিলির উপর উহার বিষক্রিয়া থাকার জন্য ঔষধরূপে ইহার বাহ্যিক প্রয়োগ আছে। (২) তৈলচিত্র, সিল্ক, পালক প্রভৃতি পরিষ্কার করার জন্যও ইহা ব্যবহৃত হয়। (৩) বহু রকম জৈব-রাসায়নিক বিক্রিয়াতে ইহা জারকরূপে প্রয়োগ করা হয়।

উনবিংশ অধ্যায়

নাইট্রোজেন

আমাদের পৃথিবীর চারিদিকে একটি গ্যাসীয় আবরণ আছে, ইহাকেই বায়ুমণ্ডল বলা হয়।

বায়ু মুখ্যতঃ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন এই দুইটি মৌলিক পদার্থের মিশ্রণ। ইহাদের সহিত স্বল্প পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড, জলীয় বাষ্প, নিষ্ক্রিয় গ্যাস প্রভৃতি মিশ্রিত আছে। সাধারণতঃ বায়ুতে কার্বন-ডাইঅক্সাইড ০·০৪% এবং জলীয় বাষ্প ১·৪% (আয়তনে) থাকে। বায়ু একটি মিশ্রণ বলিয়াই উহার উপাদানসমূহের অনুপাত সর্বত্র এবং সর্বদা নির্দিষ্ট থাকে না।

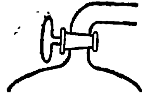
কস্টিক পটাস (ক্ষার) এবং অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে একটি আবদ্ধ পাত্রে বায়ু থাকিলে বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং জলীয় বাষ্প উহারা শোষণ করিয়া লয়। এই বিশুদ্ধ বায়ুতে উপাদানসমূহের অনুপাত সাধারণতঃ দেখা যায়—

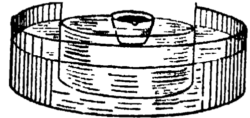
	ওজনে	আয়তনে
নাইট্রোজেন	৭৫·৫%	৭৮·১১%
অক্সিজেন	২৩·২%	২০·৯৬%
নিষ্ক্রিয় গ্যাস	১·৩%	·৯৩%
	১০০·০০	১০০·০০

১৯-১। নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন: বাতাসে এই দুইটি মৌলিক পদার্থের তুলনায় অন্যান্য উপাদানগুলির পরিমাণ এত কম যে সাধারণতঃ বলিতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণই বুঝায়। এই দুইটি গ্যাস সাধারণভাবে মিশ্রিত আছে। সুতরাং, কোন উপায়ে একটিকে সরাইয়া লইতে পারিলেই অপরটি পাওয়া সম্ভব। বহু রকম প্রক্রিয়া দ্বারা এই দুইটি মৌলকে পৃথক করা যাইতে পারে।

পরীক্ষা: একটি বড় খোলা পাত্রে খানিকটা জল লওয়া হয়। একটি ছোট পর্সেলীনের মুচিতে একটু সাদা ফসফরাস লইয়া মুচিটি সেই জলে ভাসাইয়া

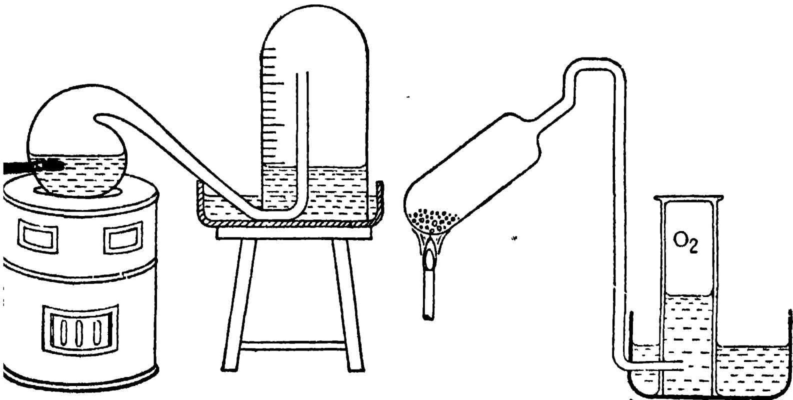
দিয়া ফসফরাসটিতে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ফসফরাসটি জ্বলিতে আরম্ভ করিলেই উহার উপর একটি বেলজার চাপা দেওয়া হয় (চিত্র ১৯ক)। ফসফরাসটি খানিকক্ষণ পুড়িয়া নিভিয়া যাইবে। বেলজারটি আবার ঠাণ্ডা হইলে দেখা যাইবে বেলজারের ভিতরে কিছু জল প্রবেশ করিয়াছে এবং অবশিষ্ট বায়ুর পরিমাণ পূর্বাপেক্ষা কম। ফসফরাসের দহনের ফলে আনুমানিক এক-পঞ্চমাংশ বাতাস অন্তর্হিত হইয়াছে। এই অবশিষ্ট বায়ুটির কোন দহন-ক্ষমতা নাই, সেই জন্যই ফসফরাস নিভিয়া গিয়াছে। দহন-কালে বায়ুর অক্সিজেন ফসফরাসের সহিত মিলিত হইয়াছে। অবশিষ্ট গ্যাস নাইট্রোজেন। এইভাবে বায়ু হইতে নাইট্রোজেন পৃথক করা যাইতে পারে। ফসফরাসের দহনের ফলে যে দ্রব্য উৎপন্ন হইয়াছে, উহা জলে দ্রবীভূত হইয়া গিয়াছে। এই পরীক্ষাতে ফসফরাসের পরিবর্তে সালফার, কার্বন, ম্যাগনেসিয়াম বা মোমবাতি জ্বালাইয়াও অক্সিজেনকে দূর করা সম্ভব হইত।





চিত্র ১৯ক
ফসফরাসের দহন

ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা : এই সম্পর্কে ল্যাভয়সিয়রের (১৭৭৫) বিশ্ববিশ্রুত পরীক্ষাটি আলোচনা করা যাইতে পারে।



চিত্র ১৯খ—ল্যাভয়সিয়রের পরীক্ষা

একটি বকযন্ত্রে তিনি খানিকটা বিশুদ্ধ পারদ ভরিয়া লইয়া উহার গলাটি

বাঁকাইয়া লইলেন। বকযন্ত্রের বাঁকান গ্রীবাটি একটি বেলজারের ভিতরে প্রবেশ করান হইল (চিত্র ১১খ)। এই বেলজারটি আবার একটি পারদপূর্ণ পাত্রে উপুড় করিয়া বসাইয়া দেওয়া হইল। অর্থাৎ, বেলজারের ভিতরের বাতাসের সহিত বকযন্ত্রের অভ্যন্তরের সংযোগ রহিল। অতঃপর বকযন্ত্রটি ক্রমাগত উত্তপ্ত করা হইল। দেখা গেল, প্রথমে বেলজারের ভিতরের এবং বাহিরের পারদ একই সমতলে আছে। কিন্তু উত্তাপ প্রয়োগের ফলে বকযন্ত্রের পারদে ধীরে ধীরে একটি লাল কঠিন পদার্থ উৎপন্ন হইল এবং সেই সঙ্গে বেলজারের মধ্যস্থিত পারদ উপরে উঠিতে লাগিল। অর্থাৎ, বাতাসের কিছু অংশ বকযন্ত্রের উত্তপ্ত পারদ শোষণ করিয়া লইল। দীর্ঘ বারদিন এইভাবে পারদকে উত্তপ্ত করার পরেও কিন্তু সম্পূর্ণ বাতাস কিছুতেই শোষিত হইল না। আবদ্ধ বায়ুর মাত্র এক-পঞ্চমাংশ আয়তন শোষিত হওয়ার পর আর উহার আয়তন হ্রাস পাইল না। বাতাসের যে অংশ অবশিষ্ট রহিল উহাতে একটি জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে উহা তৎক্ষণাৎ নিভিয়া গেল। আরও দেখা গেল, এই অবশিষ্ট গ্যাসে প্রাণীদের শ্বাসকার্য চলে না। অতএব, স্পষ্টতঃই বাতাসের দুইটি অংশ আছে —একটি উত্তপ্ত পারদে শোষিত হয় এবং অপরটি অবশিষ্ট থাকে এবং উহা দহনে সহায়তা করে না। এই গ্যাসটি নাইট্রোজেন।

অতঃপর ল্যাভয়সিয়র বকযন্ত্রে উৎপন্ন লাল পদার্থটিকে একটি টেস্ট-টিউবে সংগ্রহ করিলেন। টেস্ট-টিউবের মুখটি বন্ধ করিয়া একটি নির্গম-নল জুড়িয়া দেওয়া হইল। নির্গম-নলের বহিঃপ্রান্তটি একটি গ্যাসদ্রোণীর ভিতর উপুড়-করা জলপূর্ণ গ্যাসজারের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হইল। তৎপর ধীরে ধীরে টেস্ট-টিউবটি উত্তপ্ত করিলে একটি বর্ণহীন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া গ্যাসজারে সঞ্চিত হইল এবং লাল পদার্থটি পুনরায় পারদে পরিণত হইয়া ল্যাভয়সিয়র পরীক্ষা করিয়া দেখিলেন যে পূর্বোক্ত পরীক্ষায় বকযন্ত্র হইতে যে পরিমাণ গ্যাস অন্তর্হিত হইয়াছিল এই উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন ঠিক তাহার সমান। উপরন্তু এই গ্যাসটিতে জ্বলন্ত কাঠি এবং অন্যান্য পদার্থের প্রজ্বলন অতি দ্রুত তৎপরতার সহিত সম্পন্ন হয়। অর্থাৎ, ইহা অক্সিজেন। এই গ্যাসের সহিত পূর্বোক্ত নাইট্রোজেন মিশাইলে আবার বায়ু পাওয়া যায়। ল্যাভয়সিয়র এইরূপে বাতাসে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন এবং উহাদের পৃথকীকরণে সক্ষম হয়েন।

অক্সিজেন ব্যতিরেকে আমাদের জীবন ধারণ সম্ভব হইত না। দেহাভ্যন্তরস্থ বিভিন্ন খাদ্যদ্রব্যের মৃদুদহন * অক্সিজেনের সাহায্যেই নিষ্পন্ন হয়। অক্সিজেনের অভাব হইলে প্রাণীজগৎ লোপ পাইবে। অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া জীবজন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইড ফিরাইয়া দেয়। পক্ষান্তরে, উদ্ভিদ্‌সমূহ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্রহণ করে ও অক্সিজেন ফিরাইয়া দেয়। এই দুই জগতের ভিতরে মোটামুটি একটি সমতা আছে বলিয়াই বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ সর্বদাই আনুমানিক একপঞ্চমাংশ থাকে।

১৯-২। বায়ু একটি মিশ্র পদার্থঃ বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন মিশ্রিত অবস্থায় আছে, ইহা কোন যৌগিক পদার্থ নহে। নানা উপায়ে ইহা প্রমাণ করা যাইতে পারে। এ বিষয়ে নিম্নোক্ত যুক্তিগুলি বিশেষ প্রণিধানযোগ্য।

(১) বায়ুর উপাদানগুলির অনুপাত বিভিন্ন স্থানে ও বিভিন্ন সময়ে এক নয়। বায়ু যদি অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগ হইত তাহা হইলে উহাদের কোন অবস্থাতেই অনুপাতের ব্যতিক্রম হইতে পারিত না।

(২) চারিভাগ নাইট্রোজেন একভাগ অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইলে কোনরকম তাপ-বিনিময়ের লক্ষণ দেখা যায় না এবং মিশ্রিত পদার্থটি ঠিক বাতাসের মত গুণসম্পন্ন হইয়া থাকে।

(৩) স্বাভাবিক অবস্থায় বাতাসে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তন-অনুপাত = ১ : ৪, কিন্তু বাতাসের জলীয় দ্রবণে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের আয়তন-অনুপাত মোটামুটি ১ : ২। বাতাস যৌগিক পদার্থ হইলে এরূপ হওয়া সম্ভব নয়।

(৪) বাতাসের উপাদানগুলি সহজেই পৃথক করা সম্ভব। (ক) বাতাসকে অত্যন্ত শীতল করিয়া অতিরিক্ত চাপে উহাকে প্রথমতঃ তরলিত করা হয়। তরল বাতাসকে আংশিক পাতন করিলে প্রথমে নাইট্রোজেন বাষ্পীভূত হইয়া পৃথক্ হইয়া যায়। (খ) একটি সছিদ্র পর্সেলীনের নলের ভিতর দিয়া বাতাস পরিচালনা করিলে পর্সেলীনের ভিতর দিয়া অক্সিজেনের তুলনায়

---

* খাদ্যদ্রব্যের জারণকে সাধারণতঃ দহন বলিয়া উল্লেখ করা হয়, যদিও এই ক্রিয়াতে কোন আলোকশিখা উৎপন্ন হয় না।

অধিকতর নাইট্রোজেন বাহির হইয়া আসে। বাতাস যৌগ-পদার্থ হইলে এরূপ হইতে পারে না।

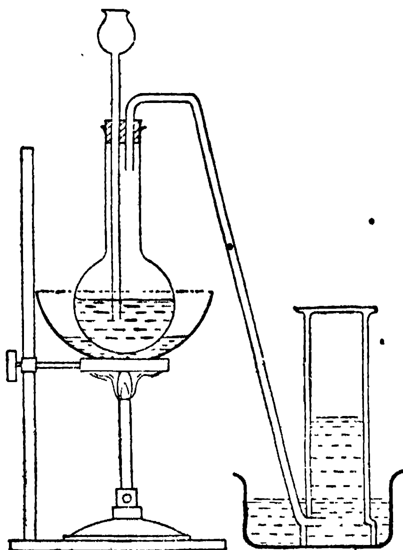
এই সকল কারণেই বাতাসকে একটি মিশ্রণ বলিয়া মনে করা হয়।

নাইট্রোজেন

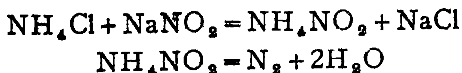
সঙ্কেত = N_2। পারমাণবিক গুরুত্ব = ১৪·০০৮। পরমাণু-ক্রমাঙ্ক = ৭।

বাতাসে মৌলিক অবস্থায় প্রচুর পরিমাণ নাইট্রোজেন বর্তমান। নাইট্রোজেনের বিভিন্ন যৌগও প্রকৃতিতে যথেষ্ট দেখা যায়। উদ্ভিদ্ ও প্রাণীদেহের বিভিন্ন প্রোটিনগুলি সবই নাইট্রোজেনের যৌগিক পদার্থ। চিলির উপকূলে যে প্রচুর নাইটার খনিজ (Chile nitre) পাওয়া যায় তাহা প্রধানতঃ নাইট্রোজেনের যৌগিক পদার্থ, সোডিয়াম নাইট্রেট ($NaNO_3$)।

১৯-৩। প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : (১) ল্যাবরেটরীতে সচরাচর অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের দ্রবণ উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন তৈয়ারী করা হয়। অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইটের বিযোজন অনেক সময় সংযত করা সুকঠিন এবং বিস্ফোরণ হওয়ার সম্ভাবনা থাকে বলিয়া উহার পরিবর্তে সোডিয়াম নাইট্রাইট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয়। ঈষৎ উত্তপ্ত করিলেই উহা নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। কারণ, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইট একত্র হইয়া অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট সৃষ্টি করে এবং ইহা বিযোজিত হইয়া যায়।



চিত্র ১৯গ—নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

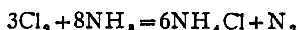


$$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl$$
$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

একটি গোল কূপীতে তুল্য পরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইটের দ্রবণ লইয়া উহার মুখটি কর্কদ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও একটি বাঁকান নির্গম-নল লাগাইয়া দেওয়া হয়। দীর্ঘনাল-ফানেলের ভিতরের মুখটি দ্রবণে নিমজ্জিত থাকা চাই। নির্গম-নলের বহিঃপ্রান্তটি একটি গ্যাস-দ্রোণীর জলে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। একটি জলপূর্ণ গ্যাসজার এই নলের মুখে উপুড় করিয়া রাখা হয়। কূপীটিকে অতঃপর একটি জলগাহে বসাইয়া অল্প অল্প গরম করিলেই নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া গ্যাসজারে সঞ্চিত হইতে থাকে। যদি বিক্রিয়াটি দ্রুতবেগে হইতে থাকে তবে কূপীটিকে ঠাণ্ডা জলে বসাইয়া শীতল করিয়া উহা নিয়ন্ত্রিত করা হয়। এই নাইট্রোজেনে স্বল্প পরিমাণ ক্লোরিন, অ্যামোনিয়া এবং নাইট্রোজেন-অক্সাইড মিশ্রিত থাকিতে পারে। কোন তীব্র ক্ষারের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া এই নাইট্রোজেনকে ধৌত করিয়া লইলেই এই সকল পদার্থ দূর হয়। জলীয় বাষ্প দূর করিতে হইলে ইহাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড-পূর্ণ গ্যাস-ধাবকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিতে হইবে। এইভাবে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে।

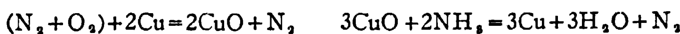
(২) অ্যামোনিয়াম জারণের দ্বারা নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা সম্ভব।

(ক) ক্লোরিনের সাহায্যে অ্যামোনিয়াকে জারিত করা যায় :—



$$3Cl_2+8NH_3=6NH_4Cl+N_2$$

(খ) অ্যামোনিয়া গ্যাস ও বাতাসের মিশ্রণ যদি একটি কপার-ছিলা-পূর্ণ উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়, তাহা হইলে উহা হইতে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা কপার কপার-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং এই কপার-অক্সাইড অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে।



$$(N_2+O_2)+2Cu=2CuO+N_2 \qquad 3CuO+2NH_3=3Cu+3H_2O+N_2$$

(বাতাস)

(৩) বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করার প্রণালী পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে।

(ক) ফসফরাস, কার্বন, সালফার প্রভৃতি সহজদাহ্য পদার্থ কোন আবদ্ধ বায়ুতে পোড়াইয়া অক্সিজেন সরাইয়া লওয়া হয় এবং নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

(খ) উত্তপ্ত অবস্থায় কপার পরিপূর্ণ একটি নলের ভিতর দিয়া বাতাস ধীরে ধীরে বারংবার পরিচালিত করিলে কপার উহার অক্সিজেন সম্পূর্ণরূপে শোষণ করিয়া কপার-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস অবিকৃত থাকিয়া যায়।

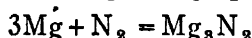
(গ) অত্যধিক চাপে এবং খুব কম উষ্ণতায় (-১৯০° সেন্টিগ্রেড) বাতাস তরলিত করিয়া লইয়া উহার আংশিক পাতন করিলে প্রথমে নাইট্রোজেন কেবল বাষ্পীভূত হয়। এইভাবে তরল

বাতাস হইতে নাইট্রোজেন পৃথক করা হয়। অধিক নাইট্রোজেন প্রয়োজন হইলে এই পদ্ধতিই সর্বোৎকৃষ্ট।

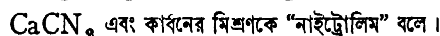
১৯-৪। নাইট্রোজেনের ধর্ম: নাইট্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন, গ্যাসীয় পদার্থ। উহার ঘনত্ব প্রায় বাতাসের ঘনত্বের সমান এবং জলে উহার দ্রাব্যতা নিতান্তই কম। সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেনের কোনরূপ রাসায়নিক সক্রিয়তার পরিচয় পাওয়া যায় না। কোন মৌল বা যৌগের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় ইহা যুক্ত হয় না। ইহা নিজেও দাহ্য নয় এবং অপরের দহন-সহায়কও নয়।

(১) Ca, Mg প্রভৃতি কোন কোন ধাতু এবং ক্যালসিয়াম কার্বাইড যৌগ নাইট্রোজেন গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে উহাদের সহিত নাইট্রোজেন যুক্ত হয়। যথা :—

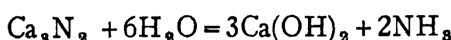

$3Ca + N_2 = Ca_3N_2$ [ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড]

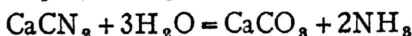

$3Mg + N_2 = Mg_3N_2$


$CaC_2 + N_2 = C + CaCN_2$ [ক্যালসিয়াম সায়নামাইড]


$CaCN_2$ এবং কার্বনের মিশ্রণকে "নাইট্রোলিম" বলে।

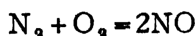
এই সমস্ত উদ্ভূত পদার্থ জলে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে :—


$Ca_3N_2 + 6H_2O = 3Ca(OH)_2 + 2NH_3$


$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$

(২) অতিরিক্ত চাপে (২০০ অ্যাট্‌মস্‌ফিয়ার) এবং প্রায় ৫৫০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায়, লৌহচূর্ণের প্রভাবে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক মিলনে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$

(৩) বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গের দ্বারা প্রায় ৩০০০° সেন্টিগ্রেড উত্তপ্ত করিলে নাইট্রোজেনের সহিত অক্সিজেন মিলিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয় :—


$N_2 + O_2 = 2NO$

নাইট্রোজেনের ব্যবহার: (১) অ্যামোনিয়াম, নাইট্রোলিম প্রভৃতি প্রস্তুতিতে প্রচুর নাইট্রোজেন প্রয়োজন হয়। (২) বৈদ্যুতিক বালবের ভিতরে এবং গ্যাস থার্মোমিটারে নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

বিংশ অধ্যায়

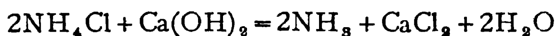
নাইট্রোজেনের যৌগসমূহ

অ্যামোনিয়া NH_3

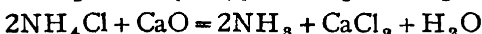
হাইড্রোজেনের সহিত নাইট্রোজেনের যৌগসমূহের মধ্যে অ্যামোনিয়াই সর্বপ্রধান।

বাতাসে কখনও কখনও স্বল্প পরিমাণে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। উদ্ভিদ্ ও প্রাণীদেহের ধ্বংস ও পচনের ফলে জমিতে অ্যামোনিয়া এবং অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণ পাওয়া যায়।

২০-১। প্রস্তুতি: ল্যাবরেটরী পদ্ধতি: সাধারণতঃ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের উপর কোন ক্ষারক জাতীয় পদার্থের বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কলিচুন ক্ষারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।



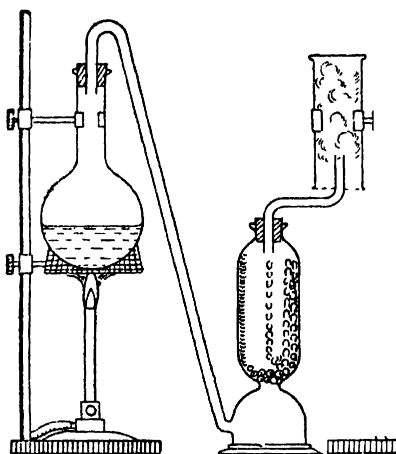
$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$$



$$2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$$

(১) একটি গোল কূপীতে সমপরিমাণ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া লইয়া উত্তপ্ত করা হয়। কূপীর মুখটি নির্গম-নল সহ একটি কর্কের দ্বারা আঁটিয়া দেওয়া হয়। নির্গম-নলের পর-প্রান্তটি একটি কলিচুনের টাওয়ারের (lime tower) সহিত যুক্ত থাকে। চুনের টাওয়ারের উপরে একটি বাঁকা-নল সংযুক্ত থাকে। এই নলের উপর একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া রাখা হয়। উত্তাপের ফলে যে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় তাহা নির্গম-নল দিয়া আসিয়া চুনের টাওয়ারে প্রবেশ করে। চুনের ভিতর দিয়া যাওয়ার ফলে অ্যামোনিয়ার সহিত কোন জলীয় বাষ্প থাকিলে তাহা কলিচুন শোষণ করিয়া লয়। অ্যামোনিয়া আসিয়া গ্যাস-জারে সঞ্চিত হয় (চিত্র ২০ক)। এই ক্ষেত্রে সালফিউরিক অ্যাসিড বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড জলীয় বাষ্প দূরীকরণের জন্য ব্যবহৃত হয় না, কারণ

ইহাদের উভয়ের সহিতই অ্যামোনিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়া করে। অ্যামোনিয়া বাতাস অপেক্ষা অনেক লঘু বলিয়া উহা গ্যাসজার হইতে বাতাসকে নীচের দিকে ঠেলিয়া দিয়া উহাতে সঞ্চিত হইতে পারে। অ্যামোনিয়া জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়, সেইজন্য ইহাকে জলের অপসারণ-দ্বারা গ্যাস-জারে সংগ্রহ করা যায় না।

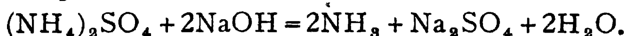


২০ক—অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের পরিবর্তে অন্য কোন অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণ এবং চুনের পরিবর্তে অন্যান্য ক্ষারক ব্যবহার করিলেও অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইবে। যেমন :—



$$NH_4Cl + KOH = NH_3 + KCl + H_2O$$

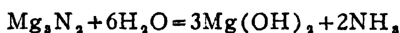


$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaOH = 2NH_3 + Na_2SO_4 + 2H_2O.$$

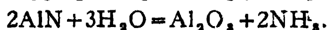


$$2NH_4Cl + PbO = 2NH_3 + PbCl_2 + H_2O.$$

(২) জলে ফুটাইলে বা উত্তপ্ত জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে আসিলে ধাতব নাইট্রাইড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে, যথা :—



$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$



$$2AlN + 3H_2O = Al_2O_3 + 2NH_3.$$

(৩) উত্তপ্ত প্লাটিনামের প্রভাবে নাইট্রোজেনের অক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়।



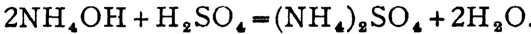
$$2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O$$

২০-২। অ্যামোনিয়ার ধর্ম : (১) অ্যামোনিয়া একটি ঝাঁঝালো-গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বাতাস অপেক্ষা অনেক হাল্‌কা (ঘনত্ব = ৮·৫)।

(২) অ্যামোনিয়া জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। এক ঘন সেন্টিমিটার জলে শূন্য ডিগ্রী উষ্ণতায় প্রায় ১৩০০ ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস দ্রবীভূত হয়। জলে অ্যামোনিয়ার গাঢ় দ্রবণকে "লাইকার অ্যামোনিয়া" (Liquor ammonia) বলা হয়।

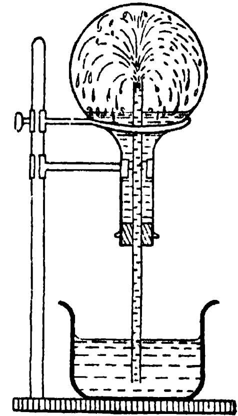
অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হওয়ার সময় জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহা একটি ক্ষার। সুতরাং, অ্যামোনিয়াকে ক্ষারক দ্রব্য হিসাবে গণ্য করা হয়। অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড বিয়োজিত হইয়া OH^- আয়ন উৎপন্ন করে, লাল লিট্‌মাসকে নীল রঙে পরিণত করে এবং বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত মিলিত হইয়া লবণ ও জলের সৃষ্টি করে।


$$NH_4OH = NH_4^+ + OH^-$$

$$NH_4OH + HNO_3 = NH_4NO_3 + H_2O$$

$$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O.$$

পরীক্ষা ঃ এক টুকরা কাগজ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে সিক্ত করিয়া একটি অ্যামোনিয়া-পূর্ণ গ্যাসজারে ছাড়িয়া দিলে তৎক্ষণাৎ প্রচুর সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হইবে। বস্তুতঃ সাদা ধোঁয়াটি অতি সূক্ষ্ম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড কণার সমষ্টি। অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এই দুইটি গ্যাস সংস্পর্শে আসিলেই তাহারা যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $NH_3 + HCl = NH_4Cl$.

পরীক্ষা ঃ একটি গোল কূপীতে অ্যামোনিয়া ভর্তি করিয়া উহার মুখটি একটি কর্ক দিয়া আঁটিয়া দিতে হইবে। কর্কের ভিতরে স্টপককযুক্ত একটি কাচনল লাগান থাকে। একটি বড় পাত্রে লাল লিটমাসের দ্রবণ লওয়া হয় এবং কূপীটিকে উহার উপর রাখিয়া কাচ-নলের মাথাটি লিটমাসে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। স্টপককটি খুলিয়া কূপীটিকে একটু ঠাণ্ডা করিলেই লিটমাস-দ্রবণ নলের ভিতর দিয়া কূপীতে প্রবেশ করিতে থাকে। অ্যামোনিয়ার সংস্পর্শে আসিলেই লাল লিটমাস নীল হইয়া যায় এবং অ্যামোনিয়া জলে দ্রুত দ্রবীভূত হয়। ফলে কূপীর অভ্যন্তরে চাপ কমিয়া যায় এবং বাহিরের লাল লিটমাস দ্রবণ বেগে ভিতরে প্রবেশ করিয়া একটি ফোয়ারার সৃষ্টি করে। অ্যামোনিয়ার ক্ষারকত্ব এবং জলে উহার অত্যধিক দ্রাব্যতা উভয়ই এই পরীক্ষাতে প্রমাণিত হয়। (চিত্র ২০খ)। পরীক্ষাটিকে অনেক সময় "ফোয়ারা-পরীক্ষা" বলা হয়।



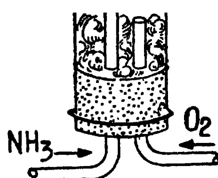
চিত্র ২০খ
অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা

(৩) অ্যামোনিয়া অপরের দহনে সাহায্য করে-না, এবং স্বভাবতঃ নিজেও অদাহ্য। কিন্তু অবিমিশ্র অক্সিজেনের ভিতর অ্যামোনিয়া সহজেই ঈষৎ হলুদ রংয়ের শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। $4NH_3 + 3O_2 = 6H_2O + 2N_2$

পরীক্ষা ঃ একটি প্রশস্ত নলের নীচের মুখটি কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া উহাতে দুইটি বাঁকান সরু কাচের নল লাগান হয় (চিত্র ২০গ)। ইহাদের একটি

অপেক্ষাকৃত লম্বা এবং উহার ভিতর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করা হয়। অপর নলটি অপেক্ষাকৃত ছোট এবং অক্সিজেন বহন করিয়া থাকে। অতঃপর প্রথম নলটির মুখ হইতে নির্গত অ্যামোনিয়া গ্যাসে আগুন ধরাইয়া দিলে অ্যামোনিয়া আস্তে আস্তে জ্বলিতে থাকে।

(৪) অ্যামোনিয়া স্বভাবতঃ বিজারণ-গুণসম্পন্ন না হইলেও কোন কোন অবস্থায় উহা সহজেই জারিত হইয়া নাইট্রোজেন বা উহার অক্সাইডে পরিণত হয়।



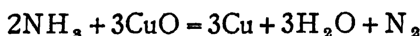
চিত্র ২০গ
অ্যামোনিয়ার দহন

(ক) বাতাস বা অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় অ্যামোনিয়া যদি উত্তপ্ত প্লাটিনাম-জালির (প্রভাবক) উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়, তাহা হইলে অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



$$4NH_3 + 5O_2 = 6H_2O + 4NO$$

(খ) উত্তপ্ত কপার-অক্সাইডের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া পরিচালনা করিলে অ্যামোনিয়া জারিত হইয়া নাইট্রোজেনে পরিণত হয়।

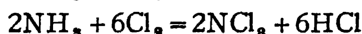


$$2NH_3 + 3CuO = 3Cu + 3H_2O + N_2$$

(গ) ক্লোরিন ও অ্যামোনিয়ার রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলেও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়ার পরিমাণ বেশী থাকা প্রয়োজন, কারণ অ্যামোনিয়া কম থাকিলে বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাই-ক্লোরাইড হইবে :—

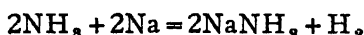


$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$



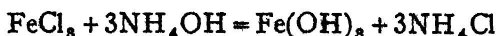
$$2NH_3 + 6Cl_2 = 2NCl_3 + 6HCl$$

(৫) শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস উত্তপ্ত সোডিয়াম ধাতুর উপর দিয়া পরিচালনা করিলে সোডামাইড (Sodamide) পাওয়া যায়।

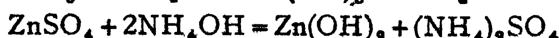


$$2NH_3 + 2Na = 2NaNH_2 + H_2$$

(৬) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ (অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড) বিভিন্ন ধাতব লবণের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ভিন্ন ভিন্ন হাইড্রক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে

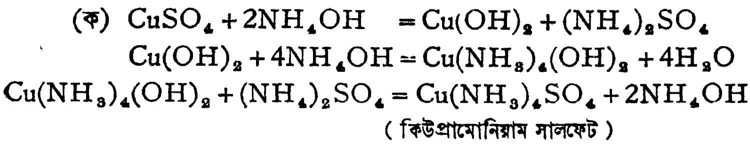


$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$



$$ZnSO_4 + 2NH_4OH = Zn(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

(৭) কোন কোন লবণের দ্রবণের সহিত অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়ার ফলে জটিল লবণের সৃষ্টি হয় ; যথা :—

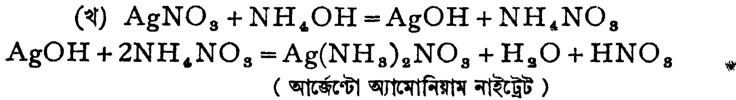


(ক) $CuSO_4 + 2NH_4OH = Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$

$$Cu(OH)_2 + 4NH_4OH = Cu(NH_3)_4(OH)_2 + 4H_2O$$

$$Cu(NH_3)_4(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4 = Cu(NH_3)_4SO_4 + 2NH_4OH$$

(কিউপ্রামোনিয়াম সালফেট)

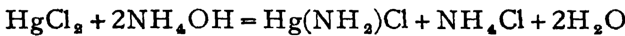


(খ) $AgNO_3 + NH_4OH = AgOH + NH_4NO_3$

$$AgOH + 2NH_4NO_3 = Ag(NH_3)_2NO_3 + H_2O + HNO_3$$

(আর্জেণ্টো অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট)

(৮) মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড একত্র করিলে একটি সাদা অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। ইহাকে মারকিউরো-অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড বলে :—



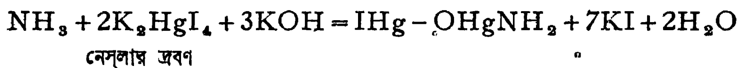
$$HgCl_2 + 2NH_4OH = Hg(NH_2)Cl + NH_4Cl + 2H_2O$$

(৯) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রভৃতি যৌগের সহিত অ্যামোনিয়া সংযুক্ত হইয়া যুত-যৌগিক সৃষ্টি করে ; যথা :—



$CaCl_2, 8NH_3$; $AlCl_3, 6NH_3$; $ZnCl_2, 2NH_3$ ইত্যাদি।

(১০) অ্যামোনিয়া নেস্‌লার দ্রবণের (Nessler's Solution) সংস্পর্শে আসিলেই তামাটে রংয়ের অধঃক্ষেপ দেয়।



$$NH_3 + 2K_2HgI_4 + 3KOH = IHg-OHgNH_2 + 7KI + 2H_2O$$

নেস্‌লার দ্রবণ

বিশিষ্ট ঝাঁঝাল গন্ধ, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত সাদা ধোঁয়া উৎপাদন এবং নেস্‌লার দ্রবণের সহিত ক্রিয়া এই তিনটি উপায়ে অ্যামোনিয়ার অস্তিত্ব সাধারণতঃ নির্ধারণ করা হয়।

অ্যামোনিয়ার ব্যবহার : (১) অ্যামোনিয়া ক্ষারক হিসাবে ল্যাবরেটরীতে অবশ্যই প্রয়োজন। (২) সল্‌ভে প্রণালীতে সোডা তৈয়ারী করার জন্যও অ্যামোনিয়ার প্রয়োজন হয়। (৩) জমিতে সার হিসাবে $(NH_4)_2SO_4$, NH_4NO_3 প্রভৃতি বিভিন্ন অ্যামোনিয়াম লবণ ব্যবহৃত হয়। এগুলি অ্যামোনিয়া ও ভিন্ন ভিন্ন অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন। (৪) বর্তমানে অ্যামোনিয়া জারিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়। এইজন্যই আজকাল অ্যামোনিয়ার চাহিদা খুব বেশী।

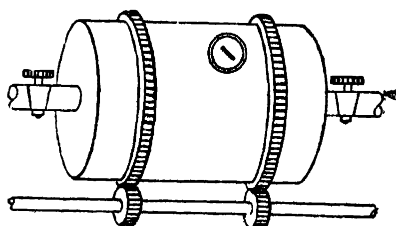
২০-৩। অ্যামোনিয়ার শিল্পপদ্ধতি : অল্প ব্যয়ে অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করার কয়েকটি উপায় আছে।

(১) **কয়লার অন্তর্ধূমপাতন হইতে :** কাঁচা কয়লাতে ওজনের শতকরা

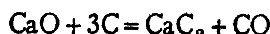
প্রায় একভাগ নাইট্রোজেন থাকে। লোহার আবদ্ধ পাত্রে রাখিয়া বায়ুর অনুপস্থিতিতে কয়লাকে উত্তপ্ত করিলে উহার ভিতর হইতে উদ্বায়ী বস্তুসমূহ গ্যাসের আকারে নির্গত হয়। কয়লার এই অন্তর্ধূমপাতনের ফলে উহার নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়া বা অ্যামোনিয়াম লবণ হিসাবে বাহির হইয়া আসে। উষ্ণতা কমিয়া আসিলে এই গ্যাসের কিয়দংশ তরলীভূত হয় এবং বাকী অংশটি কোল-গ্যাস রূপে থাকিয়া যায়। তরল অংশটি আবার পরে দুইভাগে বিভক্ত হইয়া পড়ে। নীচের দিকে আলকাতরা জাতীয় পদার্থসমূহ জড় হয় এবং উপরের অংশে অ্যামোনিয়ার ও অ্যামোনিয়াম লবণের জলীয় দ্রবণ থাকে। পাতিত পদার্থের জলীয় অংশটুকুকে "অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার" (ammoniacal liquor) বলে।

জলীয় অংশটুকুকে পৃথক করিয়া উহাতে স্টীম প্রয়োগ করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস বাহির হইয়া যায়। অ্যামোনিয়া চলিয়া যাওয়ার পর উহাতে চুন মিশাইয়া আবার পাতিত করা হয়। ইহাতে অ্যামোনিয়াম লবণগুলি বিযোজিত হয় এবং আরও অ্যামোনিয়া গ্যাস পাওয়া যায়। এই সকল অ্যামোনিয়া গ্যাস অন্য একটি পাত্রে লইয়া জলে শোষণ করা হয়। এই ভাবে লাইকার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত হইতে পারে। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অ্যামোনিয়া গ্যাস লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিচালনা করিয়া উহাকে অ্যামোনিয়াম সালফেটে পরিণত করা হয়। প্রতিমণ কয়লা হইতে গড়ে প্রায় আধ সের পরিমাণ অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।

(২) **সায়নামাইড প্রণালী (Cyanamide Process)**ঃ এই প্রণালীতে প্রথমতঃ চুন ও কোকের সাহায্যে ক্যালসিয়াম কার্বাইড (CaC_2) প্রস্তুত করা হয়। অতঃপর ক্যালসিয়াম কার্বাইড উত্তমরূপে চূর্ণ করিয়া ১০০০°C উষ্ণতায় নাইট্রোজেন গ্যাসে তাপিত করিলে ক্যালসিয়াম সায়নামাইড হয়।

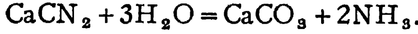


চিত্র ২০ঘ—সায়নামাইড পদ্ধতি




$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$
$$CaC_2 + N_2 = CaCN_2 + C$$

চুল্লী হইতে ধূসর বর্ণের যে সায়নামাইড ও কার্বনের মিশ্রণ পাওয়া যায় তাহাকে "নাইট্রোলিম" (Nitrolim) বলে এবং উহা জমিতে সাররূপে ব্যবহৃত হয়। চূর্ণ অবস্থায় নাইট্রোলিম অটোক্লেভ (Autoclave) যন্ত্রে রাখিয়া উহাতে স্টীম দেওয়া হয়। ইহার ফলে সায়নামাইড হইতে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।



$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3.$$

(৩) **হেভার প্রণালী (Haber Process)**: হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন সংযোগে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করার পদ্ধতিটি সার্থক করেন জার্মান রসায়নবিদ্ হেভার। নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় উপযুক্ত প্রভাবকের সাহায্যে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।



$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3 + 24{,}000 \text{ cal.}$$

সাধারণতঃ বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন আয়তনের ১ : ৩ অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া ২০০ অ্যাটমসফিয়ার চাপে উত্তপ্ত লৌহচূর্ণ প্রভাবকের উপর দিয়া পরিচালনা করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। প্রভাবকের উষ্ণতা অন্ততঃ ৬০০° সেন্টিগ্রেড হওয়া প্রয়োজন।

এই বিক্রিয়াটি সফল করিতে হইলে কতকগুলি বিষয়ে সতর্কতা অবলম্বন করা আবশ্যক।

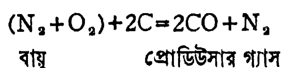
(ক) প্রথমতঃ, অতিরিক্ত চাপে এই বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করিতে হইবে এবং ৫০০°-৬০০° সেন্টিগ্রেডে রাখিলে বিক্রিয়া হইতে লাভজনক পরিমাণ অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।

(খ) দ্বিতীয়তঃ, প্রয়োজনীয় চাপে ও উষ্ণতায় রাখা সত্ত্বেও প্রভাবক ব্যতিরেকে এই বিক্রিয়াটি হয় না। লৌহচুর এই বিক্রিয়াতে উৎকৃষ্ট প্রভাবকের কাজ করে। বর্তমানে লৌহচুরের পরিবর্তে অল্প পটাসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড মিশ্রিত আয়রন অক্সাইডও ($Fe_2O_3 + Al_2O_3 + K_2O$) প্রভাবকরূপে ব্যবহৃত হয়।

(গ) তৃতীয়তঃ, মৌলিক উপাদান দুইটি আয়তনের ১ : ৩ অনুপাতে থাকা চাই এবং উপাদানগুলি বিশুদ্ধ অবস্থায় থাকা প্রয়োজন।

অধিকাংশ ক্ষেত্রেই আজকাল বস্-প্রণালীতে (Bosch Process) হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয়। লোহিত-তপ্ত কোক-কয়লার উপর দিয়া বায়ু পরিচালনা করিলে উহার সহিত

বায়ুর অক্সিজেন মিলিয়া কার্বন মনোক্সাইড হয় এবং নাইট্রোজেন অবিকৃত থাকে। নাইট্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণকে প্রডিউসার গ্যাস (Producer gas) বলে।



$$(N_2+O_2)+2C=2CO+N_2$$

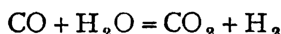
বায়ু প্রোডিউসার গ্যাস

আবার, ঐরকম উত্তপ্ত কোকের উপর দিয়া স্টীম পরিচালনা করিয়া হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসের মিশ্রণ পাওয়া যায়। ইহাকে ওয়াটার গ্যাস (Water gas) বলে—



$$H_2O+C=H_2+CO$$

ওয়াটার গ্যাস ও প্রোডিউসার গ্যাস অতঃপর এমন ভাবে মিশ্রিত করা হয় যাহাতে শেষ পর্যন্ত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তনের অনুপাত ১ : ৩ হয়। এই গ্যাস-মিশ্রণের সহিত আরও অতিরিক্ত পরিমাণ স্টীম মিশাইয়া উহাকে প্রভাবক (Fe_2O_3 এবং Cr_2O_3) পূর্ণ উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া লইয়া যাওয়া হয়। ইহার ফলে গ্যাস-মিশ্রণের কার্বন মনোক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।



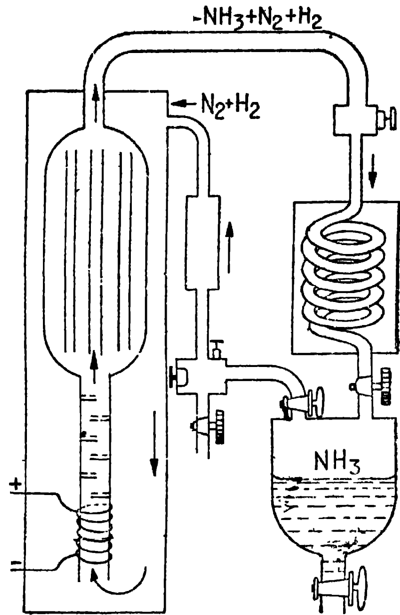
$$CO+H_2O=CO_2+H_2$$

এই নল হইতে যখন গ্যাস বাহির হয়, উহাতে নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, প্রচুর স্টীম ও স্বল্প-পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড থাকে। ঠাণ্ডা হইলেই অধিকাংশ স্টীম ঘনীভূত হইয়া তরল হইয়া যায়। ইহার পর গ্যাসটিকে অতিরিক্ত চাপে জল এবং অ্যামোনিয়াক্যাল কিউপ্রাস ফরমেট দ্রবণের ভিতর লইয়া যাওয়া হয়। ইহাতে সমস্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড ও মনোক্সাইড গ্যাস দূরীকৃত হয় এবং নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন পড়িয়া থাকে। নিরুদকের সাহায্যে এই নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ করিয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

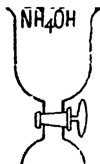
অ্যামোনিয়ার সংশ্লেষণ ক্রিয়াটি একটি ক্রোম-স্টীলের পাত্রে সংঘটিত করা হয়। এই পাত্রটির দুইটি প্রকোষ্ঠ থাকে। আভ্যন্তরীণ কেন্দ্রীয় প্রকোষ্ঠের ছোট ছোট তাকের উপর পর্যাপ্ত পরিমাণে প্রভাবক সজ্জিত থাকে এবং বিদ্যুৎ সাহায্যে উহাকে প্রায় ৫৫০° সেন্টিগ্রেডে রাখা হয়। কেন্দ্রীয় প্রকোষ্ঠ ঘিরিয়া কঞ্চুকের মত উহার চতুর্দিকে একটি বহিঃপ্রকোষ্ঠ আছে। এই বহিঃপ্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের (১ : ৩) মিশ্রণ ২০০ অ্যাটম-সফিয়ার চাপে প্রবাহিত হইয়া অবশেষে অন্তঃ-প্রকোষ্ঠে প্রবেশ লাভ করে এবং

প্রভাবকের সংস্পর্শে আসে (চিত্র ২০৬)। ইহার ফলে মিশ্রণের শতকরা প্রায় ৮ ভাগ গ্যাস অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়।

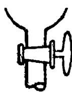
উৎপন্ন অ্যামোনিয়া ও অবিকৃত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণ খুব শীতল করিয়া অত্যধিক চাপে সঙ্কুচিত করিলে অ্যামোনিয়া তরলাকারে একটি পাত্রের ভিতর সঞ্চিত হয়। পাম্পের সাহায্যে অপরিবর্তিত নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনকে পুনরায় বিক্রিয়াপ্রকোষ্ঠে পাঠাইয়া দেওয়া হয়। এইভাবে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করা সম্ভব হইয়াছে।



চিত্র ২০৬—হেভার প্রণালী

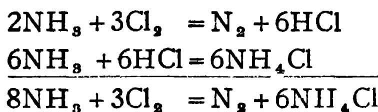


২০-৪। অ্যামোনিয়ার আয়তন-সংযুক্তি : হফম্যান প্রণালী (Hoffman's method) : একটি লম্বা এবং শক্ত কাচের নলে এই পরীক্ষাটি করা হয়। নলটির দুইদিকে দুইটি স্টপকক যুক্ত থাকে এবং একপ্রান্তে একটি ফানেলও সংযুক্ত থাকে (চিত্র ২০চ)। বাহির হইতে নলটিকে তিনটি সমান অংশে চিহ্নিত করিয়া লওয়া হয়। নলটি প্রথমে সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক ক্লোরিন গ্যাসে ভর্তি করিয়া লওয়া হয় এবং ফানেলে গাঢ় অ্যামোনিয়া রাখা হয়। স্টপককটি খুলিয়া ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া নলের ভিতর প্রবেশ করাইয়া দিলেই অ্যামোনিয়া ক্লোরিনের



চিত্র ২০চ

সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে। সঙ্গে সঙ্গে অবশ্য অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডও তৈয়ারী হয়।



$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$
$$6NH_3 + 6HCl = 6NH_4Cl$$
$$8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl$$

অ্যামোনিয়া প্রচুর পরিমাণে দেওয়া হয় যাহাতে সম্পূর্ণ ক্লোরিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হইতে পারে। অতঃপর অ্যামোনিয়ার পরিবর্তে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড পূর্বোক্ত উপায়েই নলের ভিতর দেওয়া হয়। ইহাতে অতিরিক্ত অ্যামোনিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট হইয়া যায়। গ্যাস অবস্থায় এখন শুধু নাইট্রোজেন থাকিতে পারে। নলটিকে অতঃপর একটি বড় জলের পাত্রে রাখিয়া সাধারণ উষ্ণতায় আনা হয় এবং জলের নীচে রাখিয়া স্টপককটি খুলিয়া ভিতরে জল প্রবেশ করিতে দেওয়া হয়। নলটির ভিতরে ও বাহিরে জল একই সমতলে লইয়া গ্যাসের আয়তন স্থির করা হয়। এইভাবে নাইট্রোজেনটি পূর্বের চাপ ও উষ্ণতায় লইয়া আসিলে দেখা যায় নাইট্রোজেনের আয়তন সম্পূর্ণ নলের এক-তৃতীয়াংশ মাত্র। অর্থাৎ, অ্যামোনিয়া হইতে যে নাইট্রোজেন পাওয়া যায় তাহা ক্লোরিনের আয়তনের এক-তৃতীয়াংশ। কিন্তু এই বিক্রিয়াতে সম্পূর্ণ ক্লোরিন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হইয়াছে এবং তাহাতে সমান আয়তনের হাইড্রোজেন প্রয়োজন হইয়াছে। সেই হাইড্রোজেন অ্যামোনিয়া হইতে পাওয়া গিয়াছে এবং ঐ অ্যামোনিয়া হইতেই আবার উপরোক্ত নাইট্রোজেন পাওয়া গিয়াছে। অতএব বলা যাইতে পারে, তিনভাগ হাইড্রোজেন ও একভাগ নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করিতে সমর্থ। অর্থাৎ, তিন ঘনায়তন হাইড্রোজেন ও এক ঘনায়তন নাইট্রোজেন সহযোগে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। মনে কর,

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী, প্রতি ঘনায়তন গ্যাসের অণুসংখ্যা $= n$

$\therefore$ ৩n হাইড্রোজেন অণু এবং n নাইট্রোজেন অণু সহযোগে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

অথবা, ৩টি হাইড্রোজেন অণু এবং ১টি নাইট্রোজেন অণু মিলিয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে।

অর্থাৎ, ৩টি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং ১টি নাইট্রোজেন পরমাণু মিলিয়া অ্যামোনিয়া উৎপাদন করে।

অতএব অ্যামোনিয়ার স্থূল সঙ্কেত হইবে NH_3 এবং উহার আণবিক সঙ্কেত হইবে $(NH_3)_x$।

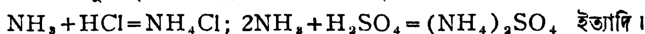
কিন্তু অ্যামোনিয়ার ঘনত্ব = ৮.৫, অর্থাৎ উহার আণবিক গুরুত্ব = ২ × ৮.৫ = ১৭

∴ x × ১৪ + ৩x × ১ = ১৭ [∵ নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব = ১৪

∴ x = ১ হাইড্রোজেনের " " " ১]

∴ অ্যামোনিয়ার আণবিক সঙ্কেত, NH_3।

২০-৫। অ্যামোনিয়াম লবণ ঃ অ্যামোনিয়া ক্ষারক-জাতীয় পদার্থ। উহা বিভিন্ন অ্যাসিডের সঙ্গে যুক্ত হইয়া লবণের সৃষ্টি করে। এই লবণগুলিকে অ্যামোনিয়াম লবণ বলে।



$NH_3+HCl=NH_4Cl$; $2NH_3+H_2SO_4=(NH_4)_2SO_4$ ইত্যাদি।

এই সমস্ত লবণে "NH_4" যৌগ-মূলকটি থাকে এবং ইহাকে অ্যামোনিয়াম মূলক বলা হয়। অ্যামোনিয়াম লবণগুলি জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় হয় এবং উহারা বিদ্যুৎপরিবাহী। জলীয় দ্রবণে উহারা NH_4^+ ক্যাটায়ন ও অন্যান্য অ্যানায়নে তড়িৎ-বিয়োজিত হইয়া থাকে।



$NH_4Cl=NH_4^++Cl^-$; $(NH_4)_2SO_4=2NH_4^++SO_4^{--}$

অ্যামোনিয়াম লবণের ব্যবহার অনেকাংশে ক্ষার-ধাতুর লবণের মত। এইজন্য অ্যামোনিয়াম মূলককে ক্ষার-ধাতুর সমগোত্রীয় মনে করা হয়। ইহার যোজ্যতাও এক।

অ্যামোনিয়াম লবণগুলি ঈষৎ উদ্বায়ী এবং উত্তাপে উহারা অতি সহজে উৎক্ষিপ্ত হইয়া যায়। এতদ্ব্যতীত কোন কোন অ্যামোনিয়াম লবণ তাপের সাহায্যে বিয়োজিত হইয়া অ্যামোনিয়া ও অ্যাসিডে পরিণত হয়। যেমন ঃ—

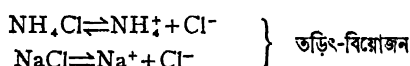


$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3+HCl$.

তাপ সরাইয়া লইলে অর্থাৎ ঠাণ্ডা করিলে উহারা আবার যুক্ত হইয়া পুনরায় অ্যামোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করে। ইহাকে তাপ-বিয়োজন বলা হয়।

২০-৬। তাপ-বিয়োজন ও তড়িৎ-বিয়োজন ঃ তাপ-বিয়োজনে পদার্থটি ভাঙিয়া দুই বা ততোধিক বিভিন্ন পদার্থের সৃষ্টি করে। আবার উষ্ণতা কমাইয়া পূর্বাবস্থায় ফিরিয়া গেলে বিয়োজন-লব্ধ পদার্থগুলি পুনর্মিলিত হইয়া প্রাক্তন বস্তুটি উৎপন্ন করে। অর্থাৎ, পরিবর্তনটি উভমুখী।

তড়িৎ-বিয়োজনে পদার্থটি দুই বিপরীতধর্মী আয়নে পরিণত হয়। এক্ষেত্রেও দ্রাবক সরাইয়া লইলে আয়নগুলি মিলিত হইয়া প্রাক্তন পদার্থটি পাওয়া যায়। অতএব, পরিবর্তনটি উভমুখী।



$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^++Cl^-$
$NaCl \rightleftharpoons Na^++Cl^-$ } তড়িৎ-বিয়োজন



$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3+HCl$



$PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$ তাপ-বিয়োজন



$I_2 \rightleftharpoons I + I$

তাপ-বিয়োজন-উদ্ভূত পদার্থগুলিকে পরস্পর হইতে পৃথক করা সম্ভব। কিন্তু তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে যে আয়ন পাওয়া যায়, তাহাদের পরস্পর হইতে পৃথক করা সম্ভব নয়। তড়িৎ-বিয়োজনে জল বা অন্য কোন দ্রাবক প্রয়োজন হয় কিংবা পদার্থটি গলিত অবস্থায় থাকা প্রয়োজন, কিন্তু তাপ-বিয়োজনের কোন দ্রাবকের প্রয়োজন নাই।

২০-৭। অ্যামোনিয়াম সালফেট, $(NH_4)_2SO_4$ ঃ কয়লার অন্তর্ধূম-পাতন অথবা হেভার প্রণালী দ্বারা যে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায় উহাকে সোজাসুজি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সংযুক্ত করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী হয়।

বিচূর্ণ ক্যালসিয়াম সালফেট জলের সহিত মিশাইয়া উহার ভিতর কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়। আমাদের দেশে এইরূপেই অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী হয়।



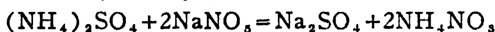
$$2NH_3 + CO_2 + H_2O + CaSO_4 = (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3$$

সস্তা অথচ ভাল সার হিসাবে অ্যামোনিয়াম সালফেটের চাহিদা সর্বাধিক।

২০-৮। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, NH_4Cl ঃ অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংযোগে ইহা তৈয়ারী হয়। রাসায়নিক বিশ্লেষণমূলক পরীক্ষাতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রয়োজন হয়। রঞ্জনশিল্পে প্রচুর অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লাগে। কোন কোন সেল ও ব্যাটারীতেও ইহা ব্যবহার হয়।

২০-৯। অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট, NH_4NO_3 ঃ অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সোডিয়াম নাইট্রেট হইতে,

কোন কোন বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট ব্যবহৃত হয়, যেমন অ্যামোন্যাল (Ammonal), অ্যামাটোল (Amatol) ইত্যাদি।



$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 2NH_4NO_3$$

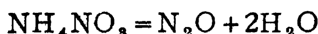
নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগসমূহ

পাঁচটি নাইট্রোজেন অক্সাইড আছে, যথা :—

নাইট্রাস অক্সাইড, N_2O, নাইট্রিক অক্সাইড, NO,

নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড, N_2O_3, নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড, N_2O_4, এবং নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড, N_2O_5।

২০-১০। নাইট্রাস অক্সাইড, N_2O, প্রস্তুতি ঃ (১) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উত্তপ্ত করিলে উহা বিযোজিত হইয়া নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাস এবং জলীয় বাষ্পে পরিণত হয়।



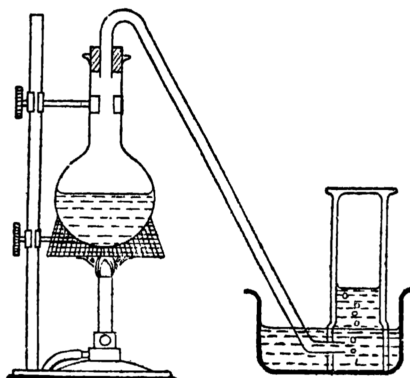
$$NH_4NO_3 = N_2O + 2H_2O$$

একটি গোল কূপীতে খানিকটা শুষ্ক বিচূর্ণ অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট লইয়া সতর্কতার সহিত উত্তপ্ত করা হয়, কারণ উহার উষ্ণতা ২৫০° ডিগ্রীর অধিক হইলে বিস্ফোরণ হওয়ার খুব সম্ভাবনা থাকে। NH_4NO_3-এর পরিবর্তে

$(NH_4)_2SO_4$ এবং $NaNO_3$এর মিশ্রণ লইলে বিস্ফোরণের সম্ভাব্যতা এড়ান যায় :—



$$(NH_4)_2SO_4 + 2NaNO_3 = Na_2SO_4 + 4H_2O + 2N_2O$$

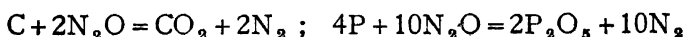


নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুতি

গরম জলের উপর গ্যাসজারে গ্যাসটি সংগৃহীত করা হয়।

২০-১১। নাইট্রাস অক্সাইডের ধর্ম: নাইট্রাস অক্সাইড মৃদু মিষ্ট গন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। ইহা একটি প্রশম-অক্সাইড।

অক্সিজেনের মত নাইট্রাস অক্সাইড গ্যাসও নিজে অদাহ্য কিন্তু অপরের দহনে ও প্রজ্বলনে সহায়তা করে। শিখাহীন একটি প্রদীপ্ত কাষ্ঠ-শলাকা যদি এই গ্যাসের একটি জারে প্রবেশ করান হয় তবে উহা পুনরায় উজ্জ্বল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। প্রজ্বলিত সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ফসফরাস, কার্বন প্রভৃতি এই গ্যাসের ভিতর অধিকতর তীব্রতার সহিত জ্বলিতে থাকে। এই সকল দহনের ফলে সর্বদাই নাইট্রোজেন এবং ঐসকল পদার্থের অক্সাইড পাওয়া যায়।



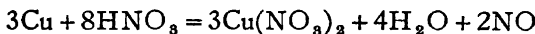
$$C + 2N_2O = CO_2 + 2N_2 \; ; \quad 4P + 10N_2O = 2P_2O_5 + 10N_2$$

শরীরের উপর নাইট্রাস অক্সাইডের বিশেষ ক্রিয়া পরিলক্ষিত হয়। শ্বাস-প্রশ্বাসের সহিত স্বল্প পরিমাণে উহা গ্রহণ করিলে সাধারণতঃ উহা হাসির উদ্রেক করে। এইজন্য উহাকে "লাফিং গ্যাস" (Laughing gas) বলে। চেতনা-নাশক রূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

অক্সিজেনের সহিত নাইট্রাস অক্সাইডের অনেকটা মিল আছে।

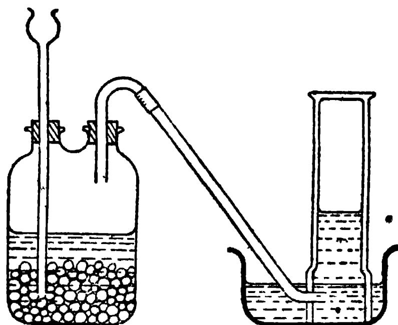
নাইট্রাস অক্সাইড নাইট্রিক অক্সাইডের সহিত মিলিত হইয়া তামাটে কোন গ্যাস উৎপন্ন করে না।

২০-১২। নাইট্রিক অক্সাইড, NO, প্রস্তুতিঃ সাধারণতঃ কপারের উপরে নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার দ্বারা নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করা হয়।



$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 4H_2O + 2NO$$

একটি উলফ-বোতলে খানিকটা কপারের ছিলা (turnings) লওয়া হয়। উহার একটি মুখে কর্কসহ একটি দীর্ঘনাল-ফানেল এবং অপর মুখে কর্কের সাহায্যে একটি বাঁকান নির্গম-নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সম-পরিমাণ জল মিশাইয়া উহাকে লঘু করিয়া দীর্ঘনাল-ফানেলের মধ্য দিয়া উলফ-বোতলে ঢালিয়া দেওয়া হয়। দীর্ঘনাল-ফানেলের ভিতরের প্রান্তটি অ্যাসিডে নিমজ্জিত থাকা প্রয়োজন। অ্যাসিড কপারের সংস্পর্শে আসিলেই উপরোক্ত বিক্রিয়া আরম্ভ হয়। নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস বোতলের মধ্যস্থিত বায়ুর অক্সিজেনের সহিত মিশিয়া তামাটে লাল নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড সৃষ্টি করে। নির্গম-নল দিয়া উহা বাহির হইতে থাকে। অভ্যন্তরের সমস্ত অক্সিজেন এইভাবে নিঃশেষিত হইলে বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইড নির্গম-নল দিয়া বাহির হয়। যথারীতি গ্যাসদ্রোণীতে জল রাখিয়া জলপূর্ণ গ্যাসজারে উহা সংগৃহীত করা হয় (চিত্র ২০ছ)।



চিত্র ২০ছ—নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি

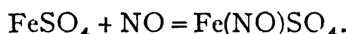
২০-১৩। নাইট্রিক অক্সাইডের ধর্মঃ নাইট্রিক অক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ঈষৎ ভারী, বর্ণহীন একটি গ্যাস। নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড। গ্যাসটি নিজে দাহ্য নয় এবং অপরের দহনেও সহায়তা করে না। নাইট্রিক অক্সাইড-পূর্ণ গ্যাস-জারের ভিতর জ্বলন্ত মোমবাতি, কাঠি বা সালফার দিলে উহারা নির্বাপিত হইয়া যায়। কিন্তু উত্তমরূপে প্রজ্বলিত ফসফরাস বা

ম্যাগনেসিয়াম এই গ্যাসে স্বচ্ছন্দে জ্বলিতে থাকে। কারণ, অধিক উষ্ণতায় নাইট্রিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন দেয় এবং এই অক্সিজেন দহনকার্যে সহায়তা করে।



$$2NO = N_2 + O_2 \; ; \qquad 4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

নাইট্রিক অক্সাইড ফেরাস সালফেট দ্রবণে খুব সহজেই সাধারণ উষ্ণতায় দ্রবীভূত হয়। ফেরাস সালফেট ও নাইট্রিক অক্সাইড হইতে একটি যুত-যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন হয়। উত্তাপ দিলে আবার ইহা হইতে নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

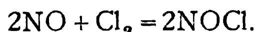


$$FeSO_4 + NO = Fe(NO)SO_4.$$

তাপ প্রয়োগে, $Fe(NO)SO_4 \longrightarrow FeSO_4 + NO.$

নাইট্রিক অক্সাইড অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিলেই লাল নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হয়। $2NO + O_2 = N_2O_4$

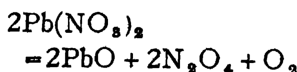
এবং ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নাইট্রোসিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।



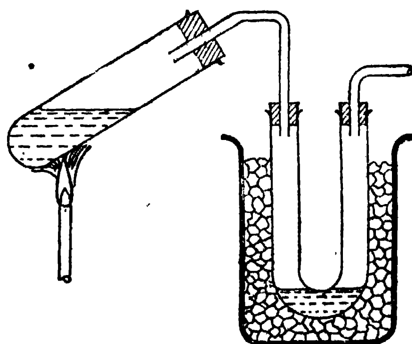
$$2NO + Cl_2 = 2NOCl.$$

উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবকের সাহায্যে নাইট্রিক অক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ হইতে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। $2NO + 5H_2 = 2NH_3 + 2H_2O.$

২০-১৪। নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড, N_2O_4, [নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড]। **প্রস্তুতি ঃ** (১) সাধারণতঃ গুরু ধাতুর নাইট্রেট-সমূহের উপর উত্তাপের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড বা পার-অক্সাইড পাওয়া যায়। ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই লেড নাইট্রেট উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।



$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 2N_2O_4 + O_2$$

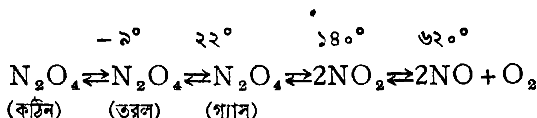


চিত্র ২০জ—নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড প্রস্তুতি

একটি মোটা ও শক্ত কাচের টেস্ট-টিউবে শুষ্ক বিচূর্ণ লেড নাইট্রেট উত্তপ্ত করা হয়। লাল নাইট্রোজেন পার-

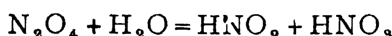
অক্সাইড ও অক্সিজেন নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। একটি শীতল U-নলে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ঘনীভূত হইয়া একটি হলুদ তরল পদার্থে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন বাহির হইয়া যায় (চিত্র ২০জ)।

২০-১৫। নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইডের ধর্ম : সাধারণ উষ্ণতায় নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড একটি পিঙ্গলবর্ণের গ্যাস। কিন্তু – ৯° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা বর্ণহীন স্ফটিকাকার ধারণ করে। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে N_2O_4 অণুগুলি বিয়োজিত হইতে থাকে এবং NO_2 অণুর উদ্ভব হয়। N_2O_4 অণুগুলি বর্ণহীন, কিন্তু NO_2 অণুগুলি লালবর্ণের। আরও তাপ দিলে NO_2 অণু বিয়োজিত হইয়া অক্সিজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে।



$$\underset{\text{(কঠিন)}}{N_2O_4} \overset{-৯°}{\rightleftharpoons} \underset{\text{(তরল)}}{N_2O_4} \overset{২২°}{\rightleftharpoons} \underset{\text{(গ্যাস)}}{N_2O_4} \overset{১৪০°}{\rightleftharpoons} 2NO_2 \overset{৬২০°}{\rightleftharpoons} 2NO + O_2$$

নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এইজন্য উহাকে অ্যাসিড দুইটির মিশ্র-নিরুদক বলা হয়।



$$N_2O_4 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$$

উষ্ণতা অধিক হইলে নাইট্রাস অ্যাসিড অবশ্য ভাঙিয়া যায় এবং নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

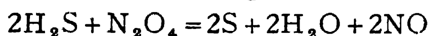


$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO$$

নাইট্রোজেন টেট্রোক্সাইডের জারণ-ক্ষমতাও উল্লেখযোগ্য। যথা :—



$$2CO + N_2O_4 = 2CO_2 + 2NO$$



$$2H_2S + N_2O_4 = 2S + 2H_2O + 2NO$$

২০-১৬। নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড, N_2O_5, প্রস্তুতি : নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদক। ফসফরাস পেন্টোক্সাইড দ্বারা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদনের ফলে নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড পাওয়া যায়।



$$P_2O_5 + 2HNO_3 = 2HPO_3 + N_2O_5$$

একটি বকযন্ত্রে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও ফসফরাস পেন্টোক্সাইড মিশ্রণ লইয়া একটি জলগাহে ধীরে ধীরে সামান্য তাপিত করিয়া, নাইট্রোজেন পেন্টোক্সাইড

পাতিত করা হয়। শীতল গ্রাহকে কমলা রংয়ের তরল নাইট্রোজেন পেণ্টোক্সাইড সংগৃহীত হয়। জলের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পেণ্টোক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিড দেয় :— $N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$

নাইট্রোজেনের অক্সি-অ্যাসিডসমূহ

নাইট্রোজেনের প্রধানতঃ পাঁচটি অক্সি-অ্যাসিড আছে, তন্মধ্যে নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিডই বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

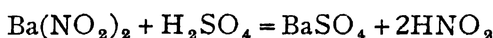
(১) নাইট্রাস অ্যাসিড HNO_2 (৩) হাইড্রোনাইট্রাস অ্যাসিড H_2NO_2

(২) নাইট্রিক অ্যাসিড HNO_3 (৪) হাইপোনাইট্রাস অ্যাসিড $H_2N_2O_2$

(৫) পার-নাইট্রিক অ্যাসিড HNO_4

২০-১৭। নাইট্রাস অ্যাসিড, HNO_2 : নাইট্রাস অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না, কিন্তু উহার জলীয় দ্রবণ এবং উহার বিভিন্ন লবণ বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা যায়।

বেরিয়াম নাইট্রাইটের লঘু দ্রবণের সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিলেই নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয় এবং বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। বেরিয়াম সালফেট ছাঁকিয়া লইলেই নাইট্রাস অ্যাসিড দ্রবণ পাওয়া যায়।



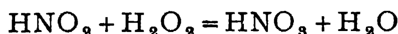
$$Ba(NO_2)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HNO_2$$

নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণটি দীর্ঘকাল রাখিয়া দিলে বা উহার উষ্ণতা বাড়াইলে উহার পরিবর্তন ঘটে এবং নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

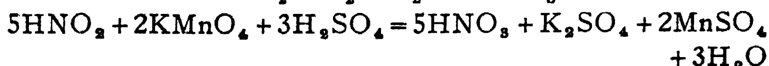
২০-১৮। নাইট্রাস অ্যাসিডের ধর্ম : নাইট্রাস অ্যাসিডের জারণ ও বিজারণ-ক্ষমতা দুই-ই আছে। আম্লিক পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভৃতির দ্রবণকে উহা বিজারিত করে এবং নিজে জারিত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$HNO_2 + H_2O_2 = HNO_3 + H_2O$$



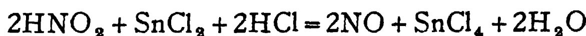
$$HNO_2 + Cl_2 + H_2O = HNO_3 + 2HCl$$



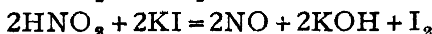
$$5HNO_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = 5HNO_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O$$

পক্ষান্তরে, নাইট্রাস অ্যাসিডের সাহায্যে স্ট্যানাস লবণের স্ট্যানিক লবণে

পরিণতি, আয়োডাইড হইতে আয়োডিনের উদ্ভব, সালফার ডাই-অক্সাইডের সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিবর্তন ইত্যাদি উহার জারণ-ক্ষমতার পরিচায়ক। এই সকল জারণ-ক্রিয়াতে নাইট্রাস অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।



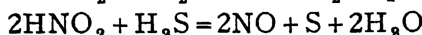
$$2HNO_2 + SnCl_2 + 2HCl = 2NO + SnCl_4 + 2H_2O$$



$$2HNO_2 + 2KI = 2NO + 2KOH + I_2$$

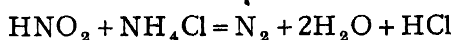


$$2HNO_2 + SO_2 = 2NO + H_2SO_4$$

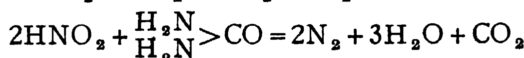


$$2HNO_2 + H_2S = 2NO + S + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম লবণ এবং $-NH_2$ মূলক বর্তমান এই রকম অ্যামিনো-যৌগের সহিত নাইট্রাস অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন পাওয়া যায় :—



$$HNO_2 + NH_4Cl = N_2 + 2H_2O + HCl$$



$$2HNO_2 + \begin{matrix}H_2N\\H_2N\end{matrix}\!>\!CO = 2N_2 + 3H_2O + CO_2$$

[ইউরিয়া]

২০-১৯। নাইট্রাইট ও নাইট্রাস অ্যাসিডের পরীক্ষা : (১) নাইট্রাইট বা নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণে লঘু HCl দিলে লাল NO_2 গ্যাস বাহির হয়।

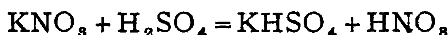
(২) পটাস আয়োডাইডের আম্লিক দ্রবণ হইতে উহারা আয়োডিন উৎপন্ন করে।

(৩) আম্লিক পটাস পারম্যাঙ্গানেট উহারা বিরঞ্জিত করে।

(৪) মেটাফিনিলিন-ডাই-অ্যামিনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণ উহারা পিঙ্গল করে।

নাইট্রিক অ্যাসিড, HNO_3

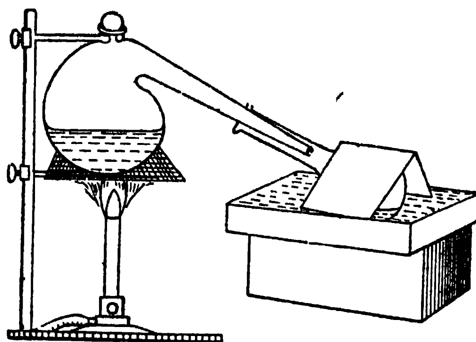
২০-২০। প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোডিয়াম নাইট্রেট সালফিউরিক অ্যাসিড সহ পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।



$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

একটি কাচের ছিপিযুক্ত বকযন্ত্রে সমপরিমাণ ওজনের সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাসিয়াম নাইট্রেটের মিশ্রণ লওয়া হয়। বকযন্ত্রের শেষপ্রান্ত একটি গোলকূপীর ভিতর ঢুকাইয়া রাখা হয়। গোলকূপীটি গ্রাহকরূপে ব্যবহৃত হয়। চারিদিকে শীতল জলের প্রবাহ দ্বারা এই গ্রাহকটির উষ্ণতা যথাসম্ভব কম রাখা হয়। অতঃপর বকযন্ত্রটির প্রায় ২০০° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত গরম করিলে উপরোক্ত

বিক্রিয়াটি আরম্ভ হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড উদ্বায়ী বলিয়া উহা গ্যাসের আকারে বাহির হইয়া আসিয়া গোলকূপীতে ঘনীভূত হয় এবং ঈষৎ হরিদ্রাভ তরল



চিত্র ২০ঝ—নাইট্রিক অ্যাসিড

নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এইভাবেই সাধারণতঃ নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

পটাসিয়াম নাইট্রেট উদ্বৃত্ত থাকিলে এবং উষ্ণতা অপেক্ষাকৃত বাড়াইলে আরও নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব।



$$KNO_3 + KHSO_4 = K_2SO_4 + HNO_3$$ (৮০০° সেন্টি)

কিন্তু এই শেষোক্ত বিক্রিয়াটি দুইটি কারণে সচরাচর সংঘটিত করানো হয় না। প্রথমতঃ অধিকতর উষ্ণতায় উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডের কতকাংশ বিশ্লেষিত হইয়া যায়:



$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

এবং দ্বিতীয়তঃ পটাসিয়াম হাইড্রোজেন সালফেট ($KHSO_4$) গলিত অবস্থায় সহজেই পাত্র হইতে বাহির করা সম্ভব, কিন্তু পরবর্তী বিক্রিয়াতে যে পটাসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় তাহা কঠিন হইয়া গেলে সহজে বাহির করিয়া লওয়া সম্ভব নয়।

পটাসিয়াম নাইট্রেটের পরিবর্তে অন্যান্য নাইট্রেট হইতেও সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা যাইতে পারে। কিন্তু সর্বদাই সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয়। সাধারণতঃ কোন লবণ হইতে অ্যাসিড উৎপন্ন করিতে একটি তীব্রতর অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। কিন্তু এক্ষেত্রে সালফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র অম্ল হইলেও নাইট্রিক অ্যাসিড অপেক্ষা উহার তীব্রতা (strength) কম। তথাপি সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়, কারণ উহা অনুদ্বায়ী এবং নাইট্রিক অ্যাসিড খুব সহজেই উদ্বায়ী হইয়া থাকে। এইজন্য উদ্বায়ী কোন অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে হইলেই অনুদ্বায়ী বা অপেক্ষাকৃত কম উদ্বায়ী কোন তীব্র অ্যাসিড, বিশেষতঃ সালফিউরিক অ্যাসিড, প্রয়োগ করা হয়।

এইভাবে প্রস্তুত নাইট্রিক অ্যাসিডে কিছু জল মিশ্রিত থাকে এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড

দ্রবীভূত থাকে। এই কারণে উহাব রঙ হলদে হয়। অপেক্ষাকৃত কম চাপে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পুনরায় পাতিত করিয়া শতকরা ৯৮ ভাগ বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

২০-২১। শিল্প-পদ্ধতি: বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে, বিশেষতঃ বিস্ফোরক পদার্থ প্রস্তুতিতে, নাইট্রিক অ্যাসিডের চাহিদা খুব বেশী। প্রচুর পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করার জন্য সাধারণতঃ তিনটি উপায় অবলম্বিত হয়।

(১) চিলি সল্টপিটার হইতে—"পাতন-প্রণালী",

(২) বাতাসের অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সংযোগে—"আর্ক-প্রণালী",

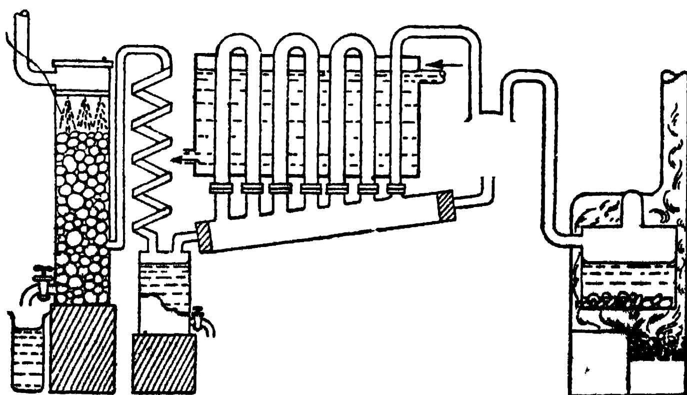
(৩) অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে—"ওস্‌ওয়াল্ড-প্রণালী"।

২০-২২। "পাতন-প্রণালী"—চিলির সমুদ্রোপকূলে প্রচুর পরিমাণে সোডিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়। ইহাকে চিলি সল্টপিটার বা চিলি শোরা বলে। চিলি সল্টপিটার গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পাতিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয। অ্যাসিড ও সল্টপিটারের পরিমাণ এমন অনুপাতে লওয়া হয় যাহাতে নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত তুল্যাঙ্ক পরিমাণ সোডিয়াম সালফেট ও অ্যাসিড সোডিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়।



$$3NaNO_3 + 2H_2SO_4 = NaHSO_4 + Na_2SO_4 + 3HNO_3$$

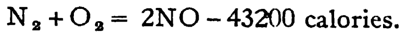
একটি বড লোহার ট্যাঙ্কে প্রায় ৫০ মণ সোডিয়াম নাইট্রেটের সহিত উপযুক্ত পরিমাণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া কয়লার সাহায্যে ২০০-২৫০°



চিত্র ২০.ঞ—পাতন প্রণালীতে HNO_3 প্রস্তুতি

সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। লোহার ট্যাঙ্কটি একটি ছোট ইষ্টকনির্মিত প্রকোষ্ঠে রাখা হয়, যাহাতে নীচের কয়লার চুল্লী হইতে তপ্ত গ্যাস ট্যাঙ্কের চারিদিকে প্রবাহিত হইয়া উহাকে সবদিকে সমভাবে উত্তপ্ত করিতে পারে। ইহার ফলে, নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাস আর ট্যাঙ্কের ভিতর তরলিত হইতে পারে না। নাইট্রিক অ্যাসিড তরল অবস্থায় লোহা আক্রমণ করিতে পারে কিন্তু গ্যাস অবস্থায় লোহার উপর উহার কোন ক্রিয়া নাই। এই কারণেই ট্যাঙ্কটিকে উত্তপ্ত রাখিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডকে ঘনীভূত হইতে দেওয়া হয় না। নাইট্রিক অ্যাসিড গ্যাস উপরের একটি নির্গম-দ্বার দিয়া বাহির হইয়া কতকগুলি পাথর বা মাটির তৈয়ারী শীতক-নলে প্রবেশ করে। উষ্ণতা কমিয়া যাওয়াতে গ্যাস ঘনীভূত হইয়া তরল নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। এই সকল শীতক হইতে তরলিত অ্যাসিড নিম্নস্থ পাথরের গ্রাহকে সঞ্চিত হয় (চিত্র ২০এ)। সর্বশেষে গ্যাসটি একটি ইষ্টকপূর্ণ উচ্চ টাওয়ারের নীচে প্রবেশ করে। কোন নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প অবশিষ্ট থাকিলে তাহাও একটি জলস্রোতে দ্রবীভূত করিয়া লওয়া হয়।

২০-২৩। "আর্ক-প্রণালী"--অত্যধিক উত্তাপের সাহায্যে বাতাসের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড কিয়ৎ-পরিমাণে পাওয়া সম্ভব।

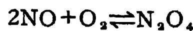


$$N_2 + O_2 = 2NO - 43200 \text{ calories.}$$

এই প্রণালীতে একটি বৈদ্যুতিক চুল্লীতে ৩০০০° সেন্টিগ্রেডেরও অধিক উষ্ণতায় একটি বিদ্যুৎ-শিখার ভিতর দিয়া শুষ্কবায়ুর প্রবাহ পরিচালিত করা হইত। প্রচণ্ড উত্তাপে বায়ুর শতকরা ১'৫ ভাগ অক্সিজেন নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হইত। উহাকে দ্রুত ঠাণ্ডা করিলে উহার সহিত অক্সিজেন মিলিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হইত। কয়েকটি পাথর-পূর্ণ টাওয়ারের উপর হইতে প্রবাহিত জলধারাতে এই নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড শোষণ করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হইত।



$$N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO$$



$$2NO + O_2 \rightleftharpoons N_2O_4$$



$$N_2O_4 + H_2O = HNO_2 + HNO_3$$

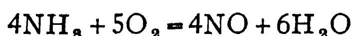


$$3HNO_2 = HNO_3 + H_2O + 2NO$$

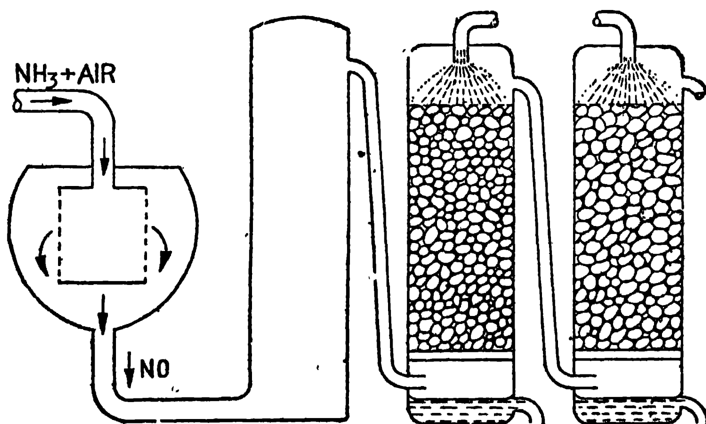
এই পদ্ধতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির জন্য কাঁচামাল, বায়ু এবং জল সর্বত্র বিনামূল্যে পাওয়া যায়। কিন্তু ইহাতে প্রচুর বৈদ্যুতিক শক্তির প্রয়োজন হয়। সুতরাং যে সব দেশে জলপ্রপাত হইতে সস্তায় বৈদ্যুতিক শক্তি সংগ্রহ করার উপায় নাই, সে সব দেশে এই প্রণালী কখনও প্রযোজ্য নয়। নরওয়ে, আমেরিকা প্রভৃতি দেশে এই উপায়ে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইত, কিন্তু উহাতে

খরচ অত্যন্ত বেশী পড়ে। পরে অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে অনেক সস্তায় ইহা তৈয়ারী সম্ভব হইয়াছে। এই কারণেই এই প্রণালীতে এখন আর কোথাও নাইট্রিক অ্যাসিড তৈয়ারী হয় না।

২০.২৪। "ওস্‌ওয়াল্ড-প্রণালী"—সহজে ও স্বল্পব্যয়ে হেভার-প্রণালীতে আজকাল অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। বাতাসের দ্বারা এই হেভার অ্যামোনিয়া জারিত করিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত করা হয়। তাপিত প্লাটিনাম জালি প্রভাবকের সাহায্যে এই বিক্রিয়াটি অতি সহজে ও স্বল্পব্যয়ে এত দ্রুত সম্পন্ন করা সম্ভব যে বর্তমানে অধিকাংশ নাইট্রিক অ্যাসিড এই উপায়েই প্রস্তুত হয়।



$$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$$



চিত্র ২০ট—ওস্‌ওয়াল্ড-প্রণালীতে HNO_3 প্রস্তুতি

১ : ৮ আয়তন অনুপাতের অ্যামোনিয়া ও বাতাসের একটি মিশ্রণ একটি তপ্ত প্লাটিনাম তারজালির ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। প্লাটিনামের তারজালিটি একটি গোলাকার বাক্সের আকারে লওয়া হয়। উহার তলদেশ পর্সেলীন প্লেট দ্বারা বন্ধ থাকে (চিত্র ২০ট)। গ্যাস-মিশ্রণটি বাক্সের ভিতর প্রবেশ করিয়া তারজালি অতিক্রম করে। প্রথমে বৈদ্যুতিক উপায়ে তারজালিটি ৭০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় রাখা হয়। পরে বিক্রিয়ার ফলে যে উত্তাপের সৃষ্টি হয় তাহাতেই প্লাটিনামটি তাপিত অবস্থায় থাকে। অ্যামোনিয়ার শতকরা ৯০ ভাগেরও বেশী ইহাতে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়। যে গতিতে গ্যাস-মিশ্রণটিকে তারজালি অতিক্রম করিতে দেওয়া হয় তাহার

উপর এই বিক্রিয়াটি অনেকাংশে নির্ভর করে। আস্তে আস্তে গ্যাস পরিচালনা করিলে সাধারণতঃ নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। নির্গত নাইট্রিক অক্সাইড যথারীতি ঠাণ্ডা করিয়া বাতাসের সাহায্যে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হয়। জলে এই গ্যাস শোষণ করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়। হেভার-প্রণালী-জাত অ্যামোনিয়ার মোট উৎপাদনের বৃহৎ অংশই নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে ব্যয়িত হয়।

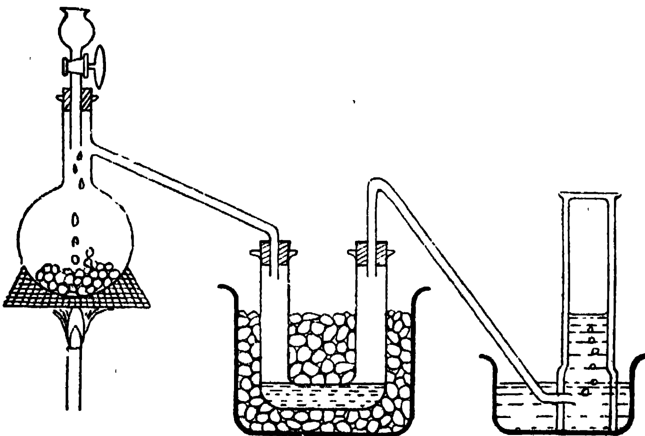
২০-২৮। নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্মঃ (১) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ, ঘনত্ব, ১·৫২। বাতাসে উন্মুক্ত থাকিলে উহা স্বতঃই ধূমায়িত হইতে থাকে। সাধারণ উষ্ণতাতেও নাইট্রিক অ্যাসিড অল্প-পরিমাণে বিযোজিত হইয়া থাকে। $2HNO_3 = N_2O_5 + H_2O$

নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সহজেই দ্রবীভূত হয়। এই দ্রবণকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড বলা হয় (fuming nitric acid)।

(২) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র অম্ল। জলীয় দ্রবণে উহা প্রায় সম্পূর্ণরূপে আয়নিত অবস্থায় থাকে :— $HNO_3 = H^+ + NO_3^-$

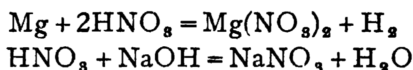
ইহার অম্লত্ব নিম্নলিখিত গুণের দ্বারা প্রমাণিত হয় :—

(ক) ইহা নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিণত করে। (খ) ইহা হাই-



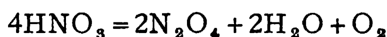
চিত্র ২·৯—নাইট্রিক অ্যাসিডের বিশ্লেষণ

ড্রোজেন ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। (গ) ক্ষারকের সহিত ক্রিয়ার ফলে ইহা লবণ ও জল উৎপাদন করে :—



$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$
$$HNO_3 + NaOH = NaNO_3 + H_2O$$

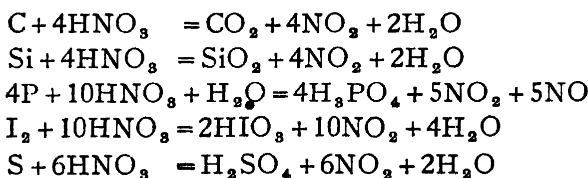
গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড, যদি উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর ফোঁটা ফোঁটা ফেলা যায় তাহা হইলে উহা বিশ্লেষিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড, অক্সিজেন ও জলে পরিণত হয় (চিত্র ২০১)। হিমমিশ্র-আবৃত একটি U-নলের ভিতর দিয়া উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণটি প্রবাহিত করিয়া N_2O_4 এবং জল তরলিত করিয়া লইলে অক্সিজেন জলপূর্ণ গ্যাসজারে যথারীতি সংগ্রহ করা যায়।



$$4HNO_3 = 2N_2O_4 + 2H_2O + O_2$$

(৩) নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ-শক্তি সর্বাধিক।

(ক) অধিকাংশ অধাতব মৌল গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে উহারা জারিত হইয়া অক্সাইড বা অক্সি-অ্যাসিডে পরিণত হয়। যথা :—

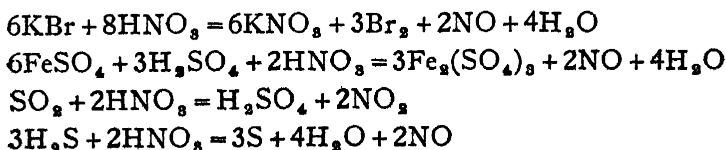


$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$
$$Si + 4HNO_3 = SiO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$
$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO_2 + 5NO$$
$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$
$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$

পরীক্ষা : একটি জারে অল্প পরিমাণ নাইট্রিক অ্যাসিডের ভিতর একটি জ্বলন্ত কার্বনের টুকরা ছাড়িয়া দিলে দেখা যাইবে উহা আরও তীব্রভাবে জ্বলিতেছে।

পরীক্ষা : একটি বেসিনে কিছু কাঠের গুঁড়া লইয়া বালিখোলাতে বেশ উত্তপ্ত করিতে হইবে। যখন উহা বেশ তপ্ত হইয়া উঠিবে, উহার উপর কয়েক ফোঁটা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দিলেই উহা স্ফুলিঙ্গ সহকারে জ্বলিয়া উঠিবে।

(খ) মৌল ছাড়াও অনেক যৌগিক পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হইয়া থাকে। যথা :—আয়োডাইড ও ব্রোমাইড যৌগসমূহ হইতে আয়োডিন ও ব্রোমিন নির্গত হয়; সালফার ডাই-অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং ফেরাস সালফেট ফেরিক সালফেটে পরিণত হয়।

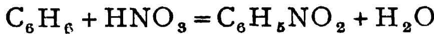


$$6KBr + 8HNO_3 = 6KNO_3 + 3Br_2 + 2NO + 4H_2O$$
$$6FeSO_4 + 3H_2SO_4 + 2HNO_3 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + 4H_2O$$
$$SO_2 + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO_2$$
$$3H_2S + 2HNO_3 = 3S + 4H_2O + 2NO$$

(গ) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড উহাদের তুল্যাঙ্কের ৩ : ১ অনুপাতে মিশ্রিত করিলে উহাকে অম্লরাজ বা aqua regia বলে। উহাতে গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতুও দ্রাব্য। বস্তুতঃ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এই মিশ্রণে নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে :—$3HCl + HNO_3 = Cl_2 + NOCl + 2H_2O$

(ঘ) অনেক জৈবজাতীয় যৌগকেও নাইট্রিক অ্যাসিড জারিত করে। তার্পিন তৈল, কোহল প্রভৃতি পদার্থ নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে এবং জারিত হইয়া যায়।

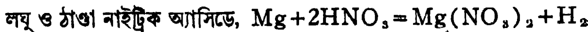
(৪) কোন কোন জৈব-পদার্থের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রো-যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন বেনজিনের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার ফলে নাইট্রো-বেনজিন পাওয়া যায় :



$$C_6H_6 + HNO_3 = C_6H_5NO_2 + H_2O$$

(৫) বিভিন্ন ধাতুর উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতুর উপর অবশ্য নাইট্রিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নাই। কিন্তু অন্যান্য প্রায় সকল ধাতুর সহিতই নাইট্রিক অ্যাসিড বিক্রিয়া করে এবং অধিকাংশ ক্ষেত্রেই উহারা ধাতব নাইট্রেটে পরিণত হয়। সাধারণতঃ ধাতুর সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন নির্গত হয়। কিন্তু দুই-একটি ক্ষেত্র ছাড়া, নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর ক্রিয়ার ফলে প্রায়ই নাইট্রোজেনের কোন অক্সাইড বা অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া থাকে। এই জাতীয় বিক্রিয়া হইতে কি কি উৎপন্ন হইবে তাহা নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব, উষ্ণতা এবং ধাতুর প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। নিম্নে কয়েকটি ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সমীকরণ দেওয়া হইল :—

(ক) ম্যাগনেসিয়ামের সহিত,



লঘু ও ঠাণ্ডা নাইট্রিক অ্যাসিডে, $Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$

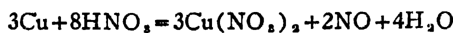
(খ) কপারের সহিত,

(i) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে,



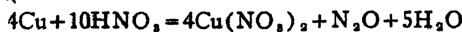
$$Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

(ii) নাতিগাঢ় ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,



$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

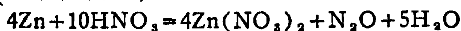
(iii) লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,



$$4Cu + 10HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

(গ) জিঙ্কের সহিত,

(i) লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,



$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$$

(ii) নাতিগাঢ় ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,



$$4Zn + 10HNO_3 = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

(iii) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে,



$$Zn + 4HNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

(ঘ) আয়রনের সহিত,

(i) লঘু ও ঠাণ্ডা অ্যাসিডে,



$$4Fe + 10HNO_3 = 4Fe(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$$

(ii) গাঢ় ও উষ্ণ অ্যাসিডে,

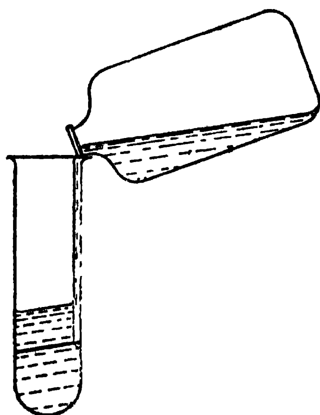


$$Fe + 6HNO_3 = Fe(NO_3)_3 + 3NO_2 + 3H_2O$$

(iii) অত্যন্ত গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে একটি বিশুদ্ধ লৌহখণ্ড দিলে উহা দ্রবীভূত না হইয়া 'নিষ্ক্রিয় লৌহে' পরিণত হইয়া যায়। সাময়িকভাবে সেই লৌহের রাসায়নিক গুণ লোপ পায়।

২০-২৬। নাইট্রিক অ্যাসিডের পরীক্ষা ঃ নিম্নোক্ত পরীক্ষার দ্বারা নাইট্রিক অ্যাসিড বা নাইট্রেটের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যাইতে পারে।

(১) পদার্থটিকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও কপারের ছিলা সহ উত্তপ্ত করিলে পিঙ্গল বা লাল গ্যাস (NO_2) বাহির হইবে।



চিত্র ২০ড—HNO_3-এর বলয়-পরীক্ষা

(২) পদার্থটির লঘু দ্রবণের সহিত ফেরাস-সালফেট দ্রবণ মিশাইয়া একটি টেস্ট-টিউবে লইতে হইবে। তারপর আস্তে আস্তে টেস্ট-টিউবের গা বাহিয়া কিছু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দিতে হইবে। সালফিউরিক অ্যাসিড ভারী বলিয়া উহা দ্রবণের নীচে জমিবে। অ্যাসিড ও পূর্বোক্ত দ্রবণের সংযোগস্থলে একটি খয়েরী বা বাদামী রংয়ের বলয় বা চক্র হইতে দেখা যাইবে। ইহাতে নাইট্রেটের অস্তিত্ব বুঝা যায়, কারণ, নাইট্রেট ও অ্যাসিডের সংস্পর্শে নাইট্রিক অ্যাসিড হয়। নাইট্রিক অ্যাসিড ও ফেরাস সালফেট হইতে NO উৎপন্ন হয়। এই NO ফেরাস সালফেটের সহিত মিলিয়া $FeSO_4, NO$ দ্বিযৌগ উৎপন্ন করে।



$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$



$$6FeSO_4 + 2HNO_3 + 3H_2SO_4 = 3Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O + 2NO$$



$$FeSO_4 + NO = FeSO_4, NO$$

[খয়েরী]

ইহাকে নাইট্রেটের বলয়-পরীক্ষা (Ring test) বলে (চিত্র ২০ড)।

(৩) কয়েক ফোঁটা নাইট্রেট লবণ ও কিছু গাঢ় H_2SO_4 একটি বেসিনে লইয়া উহাতে অতি সামান্য ব্রুসিন (Brucine) দিলে মিশ্রণটি তৎক্ষণাৎ উজ্জ্বল লাল বর্ণ ধারণ করে।

২০-২৭। নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার ঃ (১) ল্যাবরেটরীতে পরীক্ষায় বিক্রিয়ক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। (২) নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রধান চাহিদা—নাইট্রোগ্লিসারিন, পিকরিক-অ্যাসিড, টি-এন-টি প্রভৃতি বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে। (৩) কৃত্রিম রঙ, কৃত্রিম সিল্ক, সেলুলয়েড প্রভৃতি তৈয়ারী করিতেও নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। (৪) কোন কোন বৈদ্যুতিক ব্যাটারী বা সেলেও নাইট্রিক আসিড ব্যবহৃত হয়।

একবিংশ অধ্যায়

"হ্যালোজেন"

সমুদ্রের লবণ হইতে ক্লোরিন প্রথম পাওয়া যায়। গ্রীক ভাষায় hals অর্থে সামুদ্রিক লবণ বুঝায়, এবং যাহার দ্বারা সামুদ্রিক লবণ উৎপন্ন হয় তাহাকে হ্যালোজেন (halogen) বলা যাইতে পারে। অতএব ক্লোরিন একটি হ্যালোজেন। পরে আরও তিনটি মৌলিক পদার্থ আবিষ্কৃত হয়,—ফ্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন। ইহাদের ধর্ম ও প্রকৃতি ক্লোরিনের অনুরূপ। ইহাদের সোডিয়াম যৌগগুলিও সোডিয়াম ক্লোরাইড অর্থাৎ সামুদ্রিক লবণের মত ব্যবহার করে। তদুপরি ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণগুলি সমুদ্রেই পাওয়া যায়। সুতরাং অনুরূপধর্মী এই চারিটি মৌলকে একই পরিবারভুক্ত মনে করা যাইতে পারে এবং ইহারা হ্যালোজেন নামে অভিহিত হয়। হ্যালোজেন হইতে উৎপন্ন দ্বিযৌগিক পদার্থগুলিকে হ্যালাইড বলা হয়। এখানে আমরা অধিকতর প্রয়োজনীয় ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন—এই তিনটি হ্যালোজেনের বিষয় আলোচনা করিব।

ক্লোরিন

চিহ্ন Cl ; পারমাণবিক গুরুত্ব = ৩৫·৫ ; ক্রমাঙ্ক = ১৭

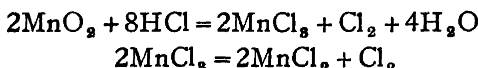
মৌলাবস্থায় ক্লোরিন প্রকৃতিতে থাকে না। উহার প্রকৃতিলব্ধ যৌগগুলির মধ্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) এবং পটাসিয়াম ক্লোরাইড (KCl) বিশেষ উল্লেখযোগ্য। সমুদ্রের জলে ও লবণের খনিতে যথেষ্ট সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে। জার্মানীর স্টাস্‌ফার্ট স্তূপে পটাসিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায়।

২১-১। প্রস্তুতি: (১) ল্যাবরেটরী পদ্ধতি: ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত করিয়া ক্লোরিন তৈয়ারী করা হয়।

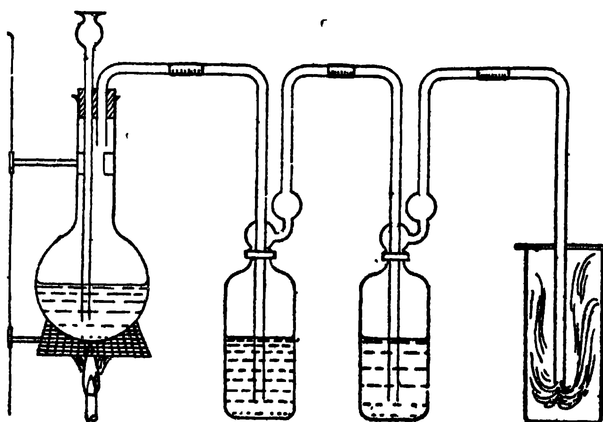


$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

একটি কূপীতে কিছু ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড [বা পাইরোলুসাইট খনিজ (MnO_2)] এবং গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। কূপীটি একটি কর্ক দ্বারা বন্ধ থাকে। এই কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও একটি নির্গম-নল লাগান থাকে। দীর্ঘনাল-ফানেলের ভিতরের প্রান্তটি অ্যাসিডে ডুবান থাকে। কূপীটিকে অতঃপর তারজালির উপর রাখিয়া আস্তে আস্তে তাপিত করা হয়। ইহাতে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। বস্তুতঃ এই রাসায়নিক বিক্রিয়াটি দুইটি পর্যায়ে সম্পন্ন হয়। প্রথমতঃ, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ম্যাঙ্গানিক ট্রাই-ক্লোরাইডে পরিণত হয়, পরে উত্তাপে উহা ভাঙিয়া ম্যাঙ্গানাস ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়।



$$2MnO_2 + 8HCl = 2MnCl_3 + Cl_2 + 4H_2O$$
$$2MnCl_3 = 2MnCl_2 + Cl_2$$

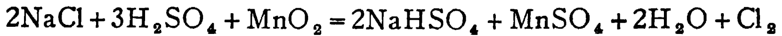


চিত্র ২১ক—ল্যাবরেটরীতে ক্লোরিন-প্রস্তুতি

উৎপন্ন ক্লোরিন একটি গ্যাস। উহা নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকে। উহার সহিত কিছু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস এবং জলীয় বাষ্প মিশ্রিত থাকে। নির্গত গ্যাসটিকে অতঃপর জল এবং গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ দুইটি গ্যাস-

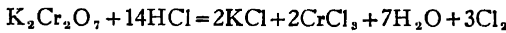
ধাবকের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে উহার HCl এবং জলীয় বাষ্প দূরীভূত হয়। ইহার পর ক্লোরিন বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাস-জার বা অন্য কোন পাত্রে সংগৃহীত করা হয় (চিত্র ২১ক)।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত সোডিয়াম ক্লোরাইড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলেও ক্লোরিন পাওয়া যাইবে। কারণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড NaCl হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং উহা MnO_2 দ্বারা জারিত হয়—

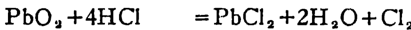


$$2NaCl + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Cl_2$$

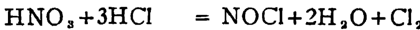
এই পদ্ধতিতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড দ্বারা জারিত হইয়াছে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন বিচ্যুত করিয়া এই জারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন হইয়াছে। অন্যান্য জারক-দ্রব্যের সহিত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলেও অনুরূপ জারণ-দ্বারা ক্লোরিন পাওয়া যায়। পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট, লেড ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি এইজন্য ব্যবহার করা যাইতে পারে :—



$$K_2Cr_2O_7 + 14HCl = 2KCl + 2CrCl_3 + 7H_2O + 3Cl_2$$

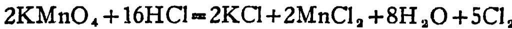


$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

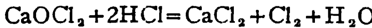


$$HNO_3 + 3HCl = NOCl + 2H_2O + Cl_2$$

স্বাভাবিক উষ্ণতায় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট (কঠিন অবস্থায়), ব্লীচিং পাউডার প্রভৃতি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করে—



$$2KMnO_4 + 16HCl = 2KCl + 2MnCl_2 + 8H_2O + 5Cl_2$$



$$CaOCl_2 + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2 + H_2O$$

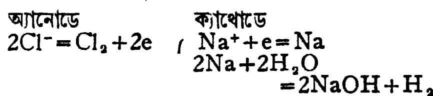
(২) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং অন্যান্য ধাতব ক্লোরাইডের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারাও ক্লোরিন পাওয়া যাইতে পারে।



$$2HCl = H_2 + Cl_2$$



$$NaCl = Na^+ + Cl^-$$



অ্যানোডে

$$2Cl^- = Cl_2 + 2e$$

ক্যাথোডে

$$Na^+ + e = Na$$

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

বর্তমানে শিল্পে প্রয়োজনীয় সমস্ত ক্লোরিনই সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে প্রস্তুত হয়। সমুদ্রের জল আংশিক বাষ্পীভূত করিয়া ফেলিলে লবণের একটি গাঢ় দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাকে লবণোদক বা "ব্রাইন" বলে। ইহার ভিতর দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ দিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড বিয়োজিত হইয়া অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। এই ক্লোরিন বিশুদ্ধ, গাঢ় এবং সহজপ্রাপ্য। কাঁচামালও বেশ সুলভ।

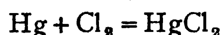
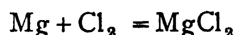
২১-২। ক্লোরিনের ধর্ম : ক্লোরিন একটি হরিতাভ-পীত বর্ণের গ্যাস। বাতাস অপেক্ষা উহা অনেক ভারী, বাষ্প-ঘনত্ব = ৩৫.৫। গ্যাসটির

একটি তীব্র অপ্রীতিকর গন্ধ আছে এবং উহা একটি বিষ। শরীরের ত্বক বা শ্লৈষ্মিক ঝিল্লীকে ইহা মারাত্মকভাবে আক্রমণ করে। ইহা জলে অনতিদ্রবণীয়। শীতল অবস্থায় অল্প চাপেই ক্লোরিন তরলীভূত হয়।

ক্লোরিনের রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক।

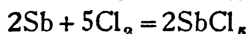
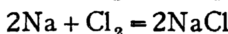
(১) বহু মৌলের সহিত ক্লোরিন প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত হইয়া ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।


$2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$

$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3$

$Hg + Cl_2 = HgCl_2$

$Mg + Cl_2 = MgCl_2$

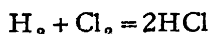
ফসফরাস, আর্সেনিক, অ্যান্টিমনি, কপার, সোডিয়াম প্রভৃতি ক্লোরিন গ্যাসের সংস্পর্শে প্রজ্বলিত হইয়া উঠে এবং উহাদের ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। আলো ও তাপ সহকারে এই সকল বিক্রিয়া নিষ্পন্ন হয়। সুতরাং ইহাদের দহন-ক্রিয়া বলা যাইতে পারে। ক্লোরিন গ্যাসটি নিজে অবশ্য দাহ্য নয়।


$2P + 5Cl_2 = 2PCl_5,$

$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$

$2Sb + 5Cl_2 = 2SbCl_5$

$2Na + Cl_2 = 2NaCl$

(২) ক্লোরিনের হাইড্রোজেন-আসক্তি খুব বেশী।

একেবারে অন্ধকারে স্বাভাবিক উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযোগ ঘটে না। কিন্তু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণ যদি স্বল্পালোকে রাখা যায় তবে আস্তে আস্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। সূর্যালোকে এই সংযোগটি বিস্ফোরণ পূর্বক সম্পাদিত হইয়া থাকে। হাইড্রোজেনের একটি জ্বলন্ত শিখা ক্লোরিনের ভিতর প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকে এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে থাকে।


$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

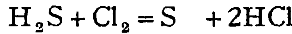
ক্লোরিন অন্যান্য যৌগের মধ্যস্থিত হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। যেমন, একটি তার্পিন-তৈলসিক্ত ফিল্টার কাগজ ক্লোরিন গ্যাসের ভিতর ছাড়িয়া দিলে উহা জ্বলিয়া উঠে এবং কার্বনে পরিণত হয়। বিক্রিয়ার ফলে HCl পাওয়া যায়।


$$C_{10}H_{16} + 8Cl_2 = 10C + 16HCl$$

(৩) হাইড্রোজেনের প্রতি এই আসক্তির ফলে ক্লোরিনের জারণগুণ দেখা

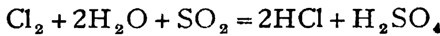
যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে ক্লোরিন সোজাসুজি যুক্ত হইয়া পদার্থকে জারিত করে :—$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$; $SnCl_2 + Cl_2 = SnCl_4$

আবার, কোন কোন ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনকে সরাইয়া লইয়া ক্লোরিন পদার্থটিকে জারিত করে এবং নিজে বিজারিত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় :—$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$



$$H_2S + Cl_2 = S + 2HCl$$

ক্লোরিন জলের সাহায্যে কোন কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেন যুক্ত করিয়াও উহাদিগকে জারিত করিতে পারে :—



$$Cl_2 + 2H_2O + SO_2 = 2HCl + H_2SO_4$$

(৪) ক্লোরিন ব্রোমাইড ও আয়োডাইড হইতে যথাক্রমে ব্রোমিন ও আয়োডিন উৎপাদন করিতে পারে :



$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$ || $2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$

(৫) কোন কোন ধাতব অক্সাইডের সহিত ইহা সোজাসুজি যুক্ত হইয়া যুত-যৌগিক উৎপাদন করে :



$2NO + Cl_2 = 2NOCl$ ......(নাইট্রোসিল ক্লোরাইড)



$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2$ ......(সালফিউরিল ক্লোরাইড)



$CO + Cl_2 = COCl_2$ ......(ফস্‌জিন)

(৬) ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণ অনেকক্ষণ রাখিয়া দিলে ক্রমশঃ হাইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডে পরিণত হয়। সূর্যালোকে ইহা অধিকতর দ্রুত সম্পন্ন হয় এবং তীব্র আলোক সম্পাতে জল হইতে অক্সিজেন বাহির হইয়া যায়।



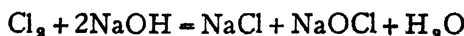
$Cl_2 + H_2O = HCl + HOCl.$ $HCl + HOCl = 2HCl + O.$

অথবা, আলোকের সাহায্যে, $2Cl_2 + 2H_2O = 4HCl + O_2$

বরফের মত শীতল জলে ক্লোরিন দিলে উহা হইতে ক্লোরিন হাইড্রেট $Cl_2, 8H_2O$ কেলাসিত হয়।

(৭) বিভিন্ন ক্ষারক দ্রব্যের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

ক্ষারকের লঘু দ্রবণের সহিত ক্লোরিন স্বাভাবিক উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট উৎপন্ন করে। কস্টিক সোডার লঘু দ্রবণ স্বাভাবিক উষ্ণতায় ক্লোরিনের সাহায্যে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইটে পরিণত হয় :



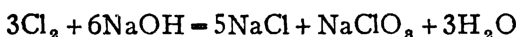
$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaOCl + H_2O$$

কিন্তু উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে হাইপোক্লোরাইট লবণগুলি বিয়োজিত হইয়া ক্লোরেট লবণে রূপান্তরিত হইয়া যায়।



$$3NaOCl = NaClO_3 + 2NaCl.$$

সুতরাং অধিকতর উষ্ণতায় অতিরিক্ত ক্লোরিন যদি ক্ষারকের গাঢ় দ্রবণে প্রবাহিত করা যায় তাহা হইলে ক্লোরাইড ও ক্লোরেট লবণের উৎপত্তি হয়; হাইপোক্লোরাইট পাওয়া যায় না।



$$3Cl_2 + 6NaOH = 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$$

হাইপোক্লোরাইট ও ক্লোরেট লবণসমূহ সাধারণতঃ এইভাবেই তৈয়ারী করা হয়।

চুনের জলও ক্ষারকের দ্রবণ। সুতরাং ক্লোরিনের সহিত উহারও ঐরূপ বিক্রিয়া ঘটে।

কম উষ্ণতায় অপেক্ষাকৃত কম পরিমাণ ক্লোরিনের সহিত,



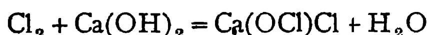
$$2Cl_2 + 2Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Ca(OCl)_2 + 2H_2O$$

এবং গরম চুনের জলে অধিক পরিমাণ ক্লোরিন দিলে,



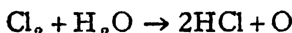
$$6Cl_2 + 6Ca(OH)_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O.$$

প্রায় 40° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কলিচুনের উপর ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করিলে ইহা ব্লীচিং পাউডারে পরিণত হয়ঃ



$$Cl_2 + Ca(OH)_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O$$

(চ) সাধারণ জৈব রঙসমূহকে ক্লোরিন বিরঞ্জিত করিয়া থাকে। রঙীন ফুল বা পাতা অথবা রঙীন বস্ত্রখণ্ড ক্লোরিনপূর্ণ গ্যাসজারে রাখিয়া দিলে উহারা সাদা হইয়া যায়। কিন্তু বিশুদ্ধ ক্লোরিনের বিরঞ্জন-ক্ষমতা নাই। সম্পূর্ণ নির্জল ক্লোরিনের এই ধর্মটি নাই। ক্লোরিন বস্তুতঃ প্রথমে জল হইতে জায়মান অক্সিজেন উৎপাদন করে। এই জায়মান অক্সিজেন রঙসমূহকে জারিত করিয়া সাদা করে। সুতরাং ক্লোরিন জারণ-ক্রিয়া দ্বারা বিরঞ্জন করে।



$$Cl_2 + H_2O \rightarrow 2HCl + O$$

ছাপা কালি অবশ্য ক্লোরিনে বিরঞ্জিত হয় না, কারণ ছাপাকালিতে কার্বন থাকে, উহা জায়মান অক্সিজেনের দ্বারাও জারিত হয় না।

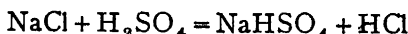
২১-৩। ক্লোরিনের পরীক্ষা ঃ স্টার্চ ও পটাসিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত একটি কাগজের টুকরা ক্লোরিন গ্যাসে বা উহার দ্রবণে দিলে উহা নীল হইয়া যায়। ইহা দ্বারাই সাধারণতঃ ক্লোরিনের পরীক্ষা করা হয়।

ব্যবহার ঃ (১) ব্লীচিং পাউডার প্রস্তুতিতে ক্লোরিনের বহুল ব্যবহার হয়, বর্তমানে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডও ক্লোরিন ও হাইড্রোজেন সংযোগে প্রস্তুত করা হয়। এতদ্ব্যতীত ক্লোরোফর্ম, ব্রোমিন, ক্লোরেট প্রভৃতি রাসায়নিক দ্রব্য তৈয়ারী করিতে ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়। (২) ফসজিন গ্যাস, মাস্টার্ড গ্যাস প্রভৃতি যুদ্ধে প্রয়োজনীয় বিষাক্ত গ্যাস তৈয়ারী করিতেও ক্লোরিনের প্রয়োজন। (৩) খনিজ হইতে স্বর্ণ-নিষ্কাশনে এবং কাগজ শিল্পে, কাঠ, খড় ইত্যাদির বিরঞ্জনেও ক্লোরিন ব্যবহৃত হয়। (৪) বীজবারক হিসাবে উহার ব্যবহার আছে। পানীয় জল অনেক সময় ক্লোরিনের সাহায্যে জীবাণুমুক্ত করা হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড
(হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, HCl)

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের এই দ্বিযৌগিক পদার্থটিকে স্বাভাবিক উষ্ণতায় একটি গ্যাসরূপে পাওয়া যায়। উহা অম্ল জাতীয় এবং জলে অতীব দ্রবণীয়। গ্যাস অবস্থায় ইহাকে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস বলে। জলীয় দ্রবণটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

২১-৪। প্রস্তুতি ঃ ল্যাবরেটরী পদ্ধতি ঃ—সাধারণতঃ ল্যাবরেটরীতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার দ্বারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। একটি কূপীতে খানিকটা খাদ্য লবণ লওয়া হয়, কূপীটির মুখ কর্ক দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এই কর্কে একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও একটি নির্গম-নল সংযুক্ত থাকে। দীর্ঘনাল-ফানেলের মধ্য দিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়, যাঁহাতে সমস্ত সোডিয়াম ক্লোরাইড উহাদ্বারা আবৃত হইয়া যায় এবং ফানেলের প্রান্তটি অ্যাসিডে নিমজ্জিত থাকে। পদার্থ দুইটি মিশ্রিত হইলেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করে। ইহার পর কূপীটিকে তারজালিতে রাখিয়া অল্প অল্প তাপিত করা হয় এবং প্রয়োজনীয় পরিমাণ গ্যাস প্রস্তুত করা যায়।



$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

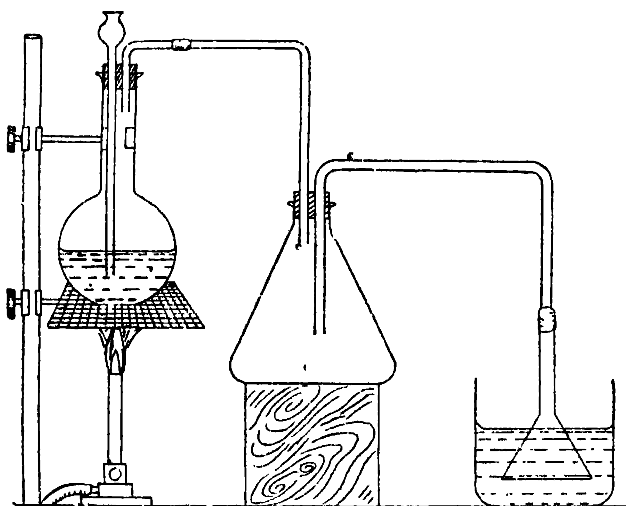
১৫০°-২০০° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উষ্ণতায় উক্ত বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয়। অধিক তাপ প্রয়োগে উষ্ণতা ৫০০° সেন্টিগ্রেডের ঊর্ধ্বে তুলিলে আরও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যাইতে পারে, কিন্তু ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ তাহা করা হয় না।



$$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$$

নির্গম-নল দিয়া যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে উহাকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড-পূর্ণ একটি গ্যাস-ধাবকের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া অনার্দ্র করা হয়। পারদের উপর অথবা বায়ুর উর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে এই অনার্দ্র গ্যাস সংগৃহীত হয়।

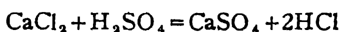
পক্ষান্তরে, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণের প্রয়োজন থাকিলে কূপী হইতে নির্গত গ্যাসটি একটি খালি বোতলের মধ্য দিয়া প্রবাহিত করাইয়া নল-যোগে একটি জলের পাত্রে প্রবেশ করান হয় (চিত্র ২১খ)। এই নলের শেষে একটি ফানেল যুক্ত থাকে এবং ফানেলটি জলের সমতলে রাখা হয়। ইহার কারণ, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। যে গতিতে গ্যাসটি উৎপন্ন হয় তাহার চেয়ে দ্রুতগতিতে উহা দ্রবীভূত হইয়া যায়। সুতরাং নল বাহিয়া জল উপরের দিকে উঠিয়া উত্তপ্ত কূপীতে ঢুকিতে পারে। তাহাতে কাচের কূপীটি

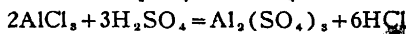


চিত্র ২১খ—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

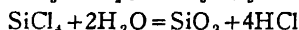
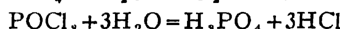
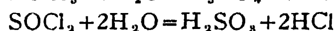
ফাটিয়া যাইবে। ফানেলটি থাকিলে অত সহজে জল উঠিতে পারে না। তবুও সতর্কতা হিসাবে মধ্যস্থলে একটি খালি বোতল রাখা হয়। যদি কোনক্রমে জল উঠিয়া যায় তবু উহা সোজাসুজি কূপীতে না গিয়া মধ্যস্থিত বোতলে জমিবে।

খাদ্য লবণের পরিবর্তে অন্যান্য কোন কোন ধাতুর ক্লোরাইড হইতেও সালফিউরিক অ্যাসিডের সাহায্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করা যায়। সুলভ বলিয়াই সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়।


$$CaCl_2+H_2SO_4=CaSO_4+2HCl$$

$$KCl+H_2SO_4=KHSO_4+HCl$$

$$2AlCl_3+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+6HCl$$

অধাতব কোন কোন ক্লোরাইড ও অক্সিক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণেও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় :—

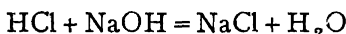
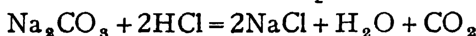

$$PCl_3+3H_2O = H_3PO_3+3HCl$$

$$SiCl_4+2H_2O=SiO_2+4HCl$$

$$POCl_3+3H_2O=H_3PO_4+3HCl$$

$$SOCl_2+2H_2O=H_2SO_3+2HCl$$

২১-৫। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধর্ম : হাইড্রোজেন ক্লোরাইড একটি বর্ণহীন শ্বাসরোধক ঝাঁঝাল গ্যাস। সিক্ত বাতাসে উহা ধূমায়িত অবস্থায় থাকে। ইহা দাহ্য নয়, অপর বস্তুর দহনেও সহায়তা করে না। জলে এই গ্যাসের দ্রাব্যতা সমধিক। ইহার জলীয় দ্রবণকেই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলা হয়।

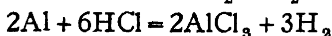
(১) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অম্ল জাতীয় যৌগ। উহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল রঙে পরিণত করে। দ্রবীভূত অবস্থায় ইহার অণুগুলি তাড়িত-বিয়োজিত হইয়া H^+ এবং Cl^- আয়ন দেয়।


$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

অ্যাসিডের ধর্মানুযায়ী ইহা সমস্ত ক্ষার-জাতীয় বস্তুর সহিত বিক্রিয়া করে এবং বিভিন্ন লবণ উৎপন্ন করিয়া থাকে :


$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$

জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন প্রভৃতি অনেক ধাতুই এই অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।


$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2 \qquad Sn + 2HCl = SnCl_2 + H_2$$

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

গোল্ড, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতুর উপর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের কোন ক্রিয়া নাই, কিন্তু অক্সিজেন ও অ্যাসিডের একত্র সমাবেশে সিলভার ধীরে ধীরে আক্রান্ত হইয়া থাকে : $4Ag + 4HCl + O_2 = 4AgCl + 2H_2O$

(২) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড, পটাস-পারম্যাঙ্গানেট, লেড ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি বিভিন্ন জারক দ্রব্যের সহিত উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জারিত হইয়া ক্লোরিনে পরিণত হয় : (পৃ. ২১৭)

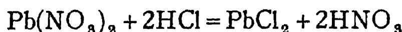


$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

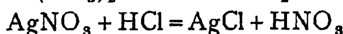


$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

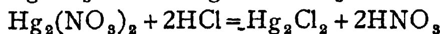
(৬) লেড, সিলভার ও মারকিউরিয়াস লবণের জলীয় দ্রবণ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলে ঐ সকল ধাতুর সাদা ক্লোরাইড তৎক্ষণাৎ অধঃক্ষিপ্ত হয় :



$$Pb(NO_3)_2 + 2HCl = PbCl_2 + 2HNO_3$$

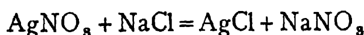


$$AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$$



$$Hg_2(NO_3)_2 + 2HCl = Hg_2Cl_2 + 2HNO_3$$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে কোন ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ ব্যবহার করিলেও উক্ত ক্লোরাইড তিনটি অধঃক্ষিপ্ত হয় :



$$AgNO_3 + NaCl = AgCl + NaNO_3$$

২১-৬। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পরীক্ষা : (১) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস অ্যামোনিয়া গ্যাসের সংস্পর্শে আসিলে সাদা ঘন ধোঁয়া উৎপন্ন হয় (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড)।

(২) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে পীতাভ ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়।

(৩) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ ঢালিলে উহা হইতে সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়। সিলভার ক্লোরাইড অ্যামোনিয়াতে দ্রবণীয়।

ব্যবহার : অন্যতম বিকারক হিসাবে ইহা ল্যাবরেটরীতে প্রয়োজন। ঔষধ হিসাবেও ইহার প্রয়োগ আছে। রঞ্জন শিল্প, লোহার উপর টিন অথবা জিঙ্কের আস্তরণ দেওয়ার সময়, বিভিন্ন ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে এবং ক্লোরিন উৎপন্ন করিতে, সর্বদাই ইহার প্রয়োজন হয়।

২১-৭। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সংযুতি।

পরীক্ষা : ঠিক সমায়তন দুইটি কাচের নল মধ্যবর্তী একটি স্টপকক দ্বারা যুক্ত করিয়া লওয়া হয়, নল দুইটির অপর প্রান্তেও দুইটি স্টপকক থাকে (চিত্র ২১গ)। একই উষ্ণতা ও চাপে একটি নলে হাইড্রোজেন এবং অপরটিতে ক্লোরিন ভরিয়া লওয়া হয়। অতঃপর মধ্যবর্তী স্টপককটি খুলিয়া ঘরের ভিতর মৃদু আলোতে উহা রাখিয়া দেওয়া হয়। ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে পরিণত হয়। কয়েক ঘণ্টাতেই এই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইয়া যায়। তৎপর এই যন্ত্রটির একটি প্রান্ত পারদে

ডুবাইয়া সেই দিকের স্টপ্‌ককটি খুলিলে পারদ ভিতরে প্রবেশ করে না অথবা কোন গ্যাস বাহির হইয়া যায় না। পারদের পরিবর্তে এই স্টপককটি জলের নীচে রাখিয়া খুলিলে তৎক্ষণাৎ জল উপরে উঠিতে থাকে এবং নল দুইটি সম্পূর্ণ জলে ভরিয়া যায়। অতএব, স্বচ্ছন্দে বলা যাইতে পারে, সমপরিমাণ আয়তনের হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন মিলিত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড হয় এবং এই উৎপন্ন

চিত্র ২১গ—HCl-এর সংযুতি নির্ণয়

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সম্মিলিত আয়তনের সমান।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্কেত ঃ এই সকল পরীক্ষা হইতে দেখা যায় যে নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় x ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $\frac{x}{২}$ ঘন সেন্টি. হাইড্রোজেন এবং $\frac{x}{২}$ ঘন সেন্টি. ক্লোরিন আছে। সুতরাং, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পানুযায়ী, যদি x ঘন সেন্টিমিটার কোন গ্যাসে p অণু বর্তমান থাকে, তবে p অণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে $\frac{p}{২}$ টি হাইড্রোজেন অণু এবং $\frac{p}{২}$ টি ক্লোরিন অণু থাকে।

∴ ১টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড অণুতে ½টি হাইড্রোজেন অণু এবং ½টি ক্লোরিন অণু থাকে।

হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন অণু উভয়েই দ্বিপরমাণুক।

∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের একটি অণুতে ১টি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং ১টি ক্লোরিন পরমাণু থাকে।

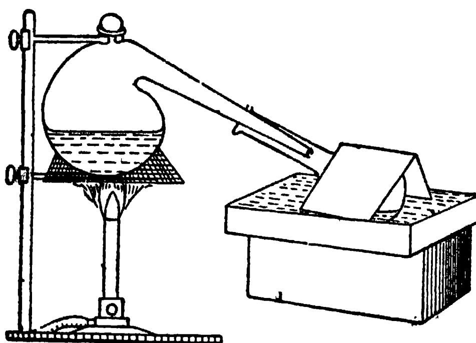
∴ হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের সঙ্কেত, HCl।

ব্রোমিন

চিহ্ন, Br। পারমাণবিক গুরুত্ব, ৭৯·৯। ক্রমাঙ্ক, ৩৫।

ক্লোরিনের মত ব্রোমিনও মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। সমুদ্রজল হইতে খাদ্য লবণ কেলাসিত করিয়া লইলে যে অবশেষ থাকে, তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ব্রোমাইড ($MgBr_2$) থাকে। ইহা হইতেই বালার্ড ১৮২৬ সালে

প্রথমে ব্রোমিন আবিষ্কার করেন। স্টাস্‌ফার্ট স্তূপে, প্যালেস্টাইনের মরুসাগরে ম্যাগনেসিয়াম, সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ব্রোমাইড পাওয়া যায়। ব্রোমারজাইরাইট [Bromargyrite, AgBr] নামক দুষ্প্রাপ্য খনিজও ব্রোমিনের যৌগ-পদার্থ।



চিত্র ২১ঘ—ব্রোমিন প্রস্তুতি

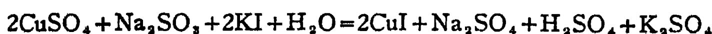
২১-৮। প্রস্তুতি: ল্যাবরেটরী পদ্ধতি: একটি কাচের বকযন্ত্রে পটাসিয়াম ব্রোমাইড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ (১ : ৫) অপেক্ষাকৃত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিলেই ব্রোমিন উৎপন্ন হয়। শীতল জলে আংশিক নিমজ্জিত একটি কাচের গোলকূপী গ্রাহক হিসাবে বকযন্ত্রের নলের শেষপ্রান্তে রাখা হয়। বাষ্পাকারে ব্রোমিন বকযন্ত্রের নল বাহিয়া আসিয়া এই কূপীর ভিতরে ঘনীভূত হয় এবং গাঢ় লাল তরল পদার্থে পরিণত হয় [চিত্র ২১ঘ]।



$$MnO_2 + 2KBr + 3H_2SO_4 = MnSO_4 + 2KHSO_4 + Br_2 + 2H_2O$$

যদিও পটাসিয়াম ব্রোমাইড সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয়, অন্যান্য ব্রোমাইড হইতেও এই উপায়ে ব্রোমিন পাওয়া সম্ভব।

ব্রোমাইডে সর্বদাই ক্লোরাইড ও আয়োডাইড থাকে বলিয়া এই ব্রোমিনের সহিত কিছু ক্লোরিন ও আয়োডিন মিশ্রিত থাকে। বিশুদ্ধ ব্রোমিন পাইতে হইলে পাতিত করার পূর্বেই পটাসিয়াম ব্রোমাইড়কে কপার সালফেট এবং সোডিয়াম সালফাইট দ্বারা আয়োডাইড-মুক্ত করা হয়।



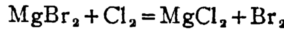
$$2CuSO_4 + Na_2SO_3 + 2KI + H_2O = 2CuI + Na_2SO_4 + H_2SO_4 + K_2SO_4$$

অদ্রবণীয় কপার আয়োডাইড অধঃক্ষিপ্ত হইলে উহা ছাঁকিয়া লওয়া হয়। উৎপন্ন ব্রোমিনকে পরে পটাসিয়াম ব্রোমাইডের সহিত আবার পাতিত করিলে ক্লোরিন-মুক্ত ব্রোমিন পাওয়া সম্ভব,

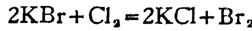


$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2.$$

২১-৯। শিল্প-পদ্ধতি ঃ স্টাস্ফার্ট লবণ হইতে ক্লোরাইড কেলাসিত করার পর যে শেষদ্রব পড়িয়া থাকে অথবা খাদ্য-লবণ-শিল্পে যে শেষদ্রব পাওয়া যায় উহাতে প্রায় শতকরা ০'২৫ ভাগ ব্রোমাইড লবণ থাকে। অধিক পরিমাণে ব্রোমিন পাইতে হইলে এই সকল শেষদ্রব ব্যবহার করা হয়। ক্লোরিনের সাহায্যে ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন উৎপাদন করা হয়। ঐ সকল শেষদ্রব পর্সেলীন বা পোড়ামাটির ছোট ছোট বল পূর্ণ একটি টাওয়ারের উপর হইতে ধীরে ধীরে নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। টাওয়ারের ভিতর নীচ হইতে উপরের দিকে স্টীম ও ক্লোরিন গ্যাস চালনা করা হয়। ক্লোরিনের সংস্পর্শে আসিলেই ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন উৎপন্ন হয় এবং বাষ্পাকারে উহা টাওয়ারের উপরদিকে একটি নির্গম-নলের সাহায্যে বাহির হইয়া যায় (চিত্র ২১৬)।

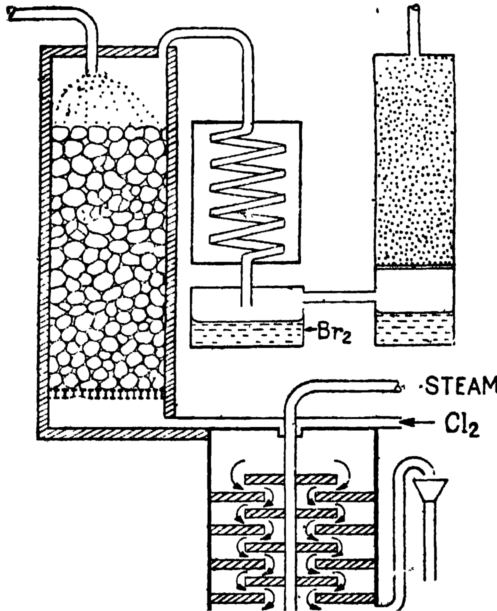


$$MgBr_2 + Cl_2 = MgCl_2 + Br_2$$



$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$$

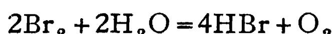
নির্গত ব্রোমিন বাষ্পকে (Bromine vapour) একটি সর্পিল শীতক-নলের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। উহাতেই অধিকাংশ ব্রোমিন তরলিত হইয়া যায়। যদি কোন সামান্য ব্রোমিন



চিত্র ২১৬—অধিক পরিমাণ ব্রোমিন উৎপাদন

বাষ্পাবস্থায় থাকে, একটি সিক্ত লৌহচূরপূর্ণ টাওয়ারের ভিতর চালনা করিয়া উহাকে আয়রন ব্রোমাইডে পরিণত করা হয়। এই আয়রন ব্রোমাইডকে পুনরায় পটাস-ব্রোমাইডে রূপান্তরিত করিয়া ব্যবহার করা সম্ভব।

২১-১০। ব্রোমিনের ধর্ম: সাধারণ অবস্থায় ব্রোমিন একটি গাঢ় লাল (প্রায় কৃষ্ণবর্ণ) তরল পদার্থ। অত্যন্ত উদ্বায়ী বলিয়া সর্বদাই ইহা হইতে লাল বাষ্প উত্থিত হইয়া থাকে। তরল ব্রোমিন বেশ ভারী, ঘনত্ব ৩·১৫। পদার্থটি তীব্র বিষ এবং ত্বকের সংস্পর্শে আসিলে যন্ত্রণাদায়ক ক্ষত সৃষ্টি করে। জলে ইহা কিয়ৎ পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। আলোকে রাখিয়া দিলে ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডে পরিণত হইতে থাকে:—



$$2Br_2 + 2H_2O = 4HBr + O_2$$

কোহল, ক্লোরোফর্ম, কার্বন-ডাইসালফাইড প্রভৃতি জৈব-দ্রাবকে ব্রোমিন অধিকতর দ্রবীভূত হইয়া থাকে। ব্রোমিনের রাসায়নিক গুণাবলী ঠিক ক্লোরিনের মত, যদিও সক্রিয়তা অনেকটা কম।

(১) বহু মৌলের সহিত ব্রোমিন সোজাসুজি যুক্ত হয় এবং ব্রোমাইড উৎপন্ন করে।



$$3Fe + 4Br_2 = Fe_3Br_8 \qquad 2P + 3Br_2 = 2PBr_3$$



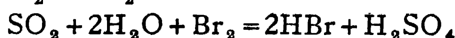
$$2K + Br_2 = 2KBr. \qquad 2P + 5Br_2 = 2PBr_5$$

(২) উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেনের সহিত ব্রোমিনের সহজেই সংযোগ সাধিত হয়, $H_2 + Br_2 = 2HBr$

(৩) ব্রোমিনেরও অল্পাধিক জারণ-ক্ষমতা আছে। H_2S, SO_2 প্রভৃতিকে উহা স্বচ্ছন্দেই জারিত করে:—



$$H_2S + Br_2 = S + 2HBr.$$



$$SO_2 + 2H_2O + Br_2 = 2HBr + H_2SO_4$$

(৪) আয়োডাইড হইতে ব্রোমিন আয়োডিন উৎপাদন করে:—



$$2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

(৫) ব্রোমিন ক্ষারক-জাতীয় পদার্থের লঘু-দ্রবণের সহিত ক্রিয়া করিয়া ব্রোমাইড ও হাইপোব্রোমাইট উৎপন্ন করে:—



$$2NaOH + Br_2 = NaBr + NaBrO + H_2O$$

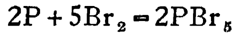
কিন্তু অধিকতর উষ্ণতায় হাইপোব্রোমাইটের পরিবর্তে ব্রোমেট পাওয়া যায় (ক্লোরিনের ধর্ম দ্রষ্টব্য)।



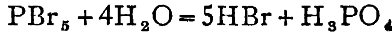
$$3Br_2 + 6NaOH = 5NaBr + NaBrO_3 + 3H_2O.$$

(৬) লাল ফসফরাস এবং জলের মিশ্রণের উপর ব্রোমিন ফোঁটা ফোঁটা

ফেলিলে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই ভাবেই ল্যাবরেটরীতে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।



$$2P + 5Br_2 = 2PBr_5$$



$$PBr_5 + 4H_2O = 5HBr + H_3PO_4$$

২১-১১। ব্রোমিনের পরীক্ষাঃ ব্রোমিনের অস্তিত্ব অবশ্যই উহার বিশিষ্ট রং ও গন্ধের সাহায্যেই জানা সম্ভব। স্টার্চ ও পটাস-আয়োডাইড দ্রবণে সিক্ত কাগজ ব্রোমিন গ্যাসে নীল হইয়া যায়। ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণের সহিত কার্বন ডাইসালফাইড উত্তমরূপে ঝাঁকাইলে কার্বন ডাইসালফাইড পীত রং ধারণ করে। এই সব পরীক্ষাদ্বারা ব্রোমিনের অস্তিত্ব নির্ণীত হয়।

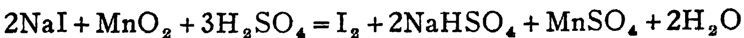
ব্যবহারঃ (১) ঔষধ ও ফটোগ্রাফীতে প্রয়োজনীয় ব্রোমাইডসমূহ তৈয়ারী করিতে ব্রোমিনের প্রয়োজন হয়। (২) বহু রকম জৈবপদার্থ ল্যাবরেটরীতে প্রস্তুত করিতে ব্রোমিনের আবশ্যক হয়। বিভিন্ন রং, লেড টেট্রাইথাইল (জ্বালানী পেট্রোলে ব্যবহৃত) প্রভৃতির নাম বিশেষ উল্লেখযোগ্য। (৫) কোন কোন কাঁদুনে গ্যাস উৎপাদনেও উহার ব্যবহার আছে। বীজবারক হিসাবেও ইহা কিছু প্রয়োগ করা হয়।

আয়োডিন

চিহ্ন, I.। পারমাণবিক গুরুত্ব, ১২৬.৯। ক্রমাঙ্ক, ৫৩।

সমুদ্রের জলে খানিকটা আয়োডাইড লবণ থাকে। সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ এই আয়োডাইড গ্রহণ করিয়া থাকে। সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ পোড়াইয়া যে ভস্ম পাওয়া যায়, তাহাকে সাধারণতঃ কেল্প্ (kelp) বলা হয় এবং বস্তুতঃ ১৮১২ খ্রীষ্টাব্দে এই কেল্প হইতেই কুরতয় (Courtois) প্রথমে আয়োডিন আবিষ্কার করেন। অবশ্য ইহার মৌলত্ব ও বৈশিষ্ট্য প্রচার করেন ১৮১৩ সালে ড্যাভি এবং গে-লুসাক। সমুদ্র ছাড়াও চিলির উপকূলে যে সোডিয়াম নাইট্রেট বা ক্যালিচি (caliche) পাওয়া যায় তাহাতেও কিয়ৎপরিমাণ সোডিয়াম আয়োডেট ($NaIO_3$) মিশ্রিত থাকে। জীবদেহের গ্রন্থিতে বিশেষতঃ থাইরয়ড গ্রন্থিতে, কডলিভার তৈলে, দুধে খুব সামান্য পরিমাণ আয়োডিন আছে।

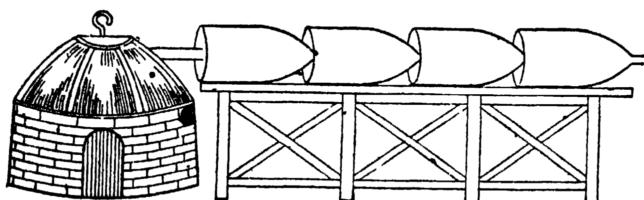
২১-১২। প্রস্তুতি: ল্যাবরেটরী পদ্ধতিঃ ল্যাবরেটরীতে আয়োডিন উহার সমগোত্রীয় ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত একই উপায়ে প্রস্তুত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সহিত সোডিয়াম আয়োডাইড উত্তপ্ত করিলেই আয়োডিন উৎপন্ন হয়। বস্তুতঃ, ব্রোমিন যেরূপ যন্ত্রে প্রস্তুত হয়, তাহাতেই ইহাও তৈয়ারী করা যাইতে পারে। উত্তাপে আয়োডিন সুন্দর বেগনী রঙের বাষ্পের আকারে পাতিত হইয়া থাকে। শীতল গ্রাহকে আসিয়া উহা উজ্জ্বল কৃষ্ণ স্ফটিকে পরিণত হয়।



$$2NaI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = I_2 + 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$$

২১-১৩। শিল্পপদ্ধতিঃ বহুরকম প্রয়োজনে আয়োডিন ব্যবহৃত হয় বলিয়া অধিক পরিমাণে এই মৌলটি প্রস্তুত করা হয়। এইজন্য বিভিন্ন উপায়ের প্রচলন আছে।

(১) সামুদ্রিক উদ্ভিদের ভস্ম কেল্‌পের ভিতর অন্যান্য লবণের সঙ্গে সোডিয়াম ও পটাসিয়াম আয়োডাইড আছে। এই ভস্ম জলের সহিত প্রথমে ফুটান হয়, ইহাতে আয়োডাইডগুলি এবং অন্যান্য অনেক লবণ দ্রবীভূত হইয়া যায়। অদ্রব পদার্থগুলি ছাঁকিয়া লইয়া স্বচ্ছ দ্রবণটি যথাসম্ভব গাঢ় করা হয়। শীতল অবস্থায় এই গাঢ় দ্রবণ হইতে অপেক্ষাকৃত কম দ্রবণীয় সালফেট, ক্লোরাইড প্রভৃতি লবণসমূহ কেলাসিত হয়। উহাদিগকে পরিস্রুত করিয়া লইলে যে শেষদ্রব পাওয়া যায় তাহাতে আয়োডাইড থাকিয়া যায়। এই শেষদ্রব, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিড সহ উত্তপ্ত করা হয়। এই ক্রিয়ার ফলে আয়োডাইড জারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে। বাষ্পাকারে আয়োডিন পাতিত হইয়া থাকে। পাতন-ক্রিয়াটি সাধারণতঃ

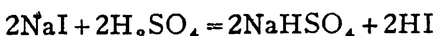


চিত্র ২১চ—কেল্‌প্‌ হইতে আয়োডিন প্রস্তুতি

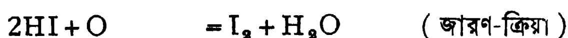
সীসার ঢাক্‌নীবিশিষ্ট একটি ঢালাই-লোহার বকযন্ত্রে সম্পাদিত হয় এবং উডেল (udells) নামক বোতলাকৃতি সারি সারি শ্রেণীবদ্ধ পাথরের গ্রাহকে আয়োডিন সংগৃহীত হয় (চিত্র ২১চ)।



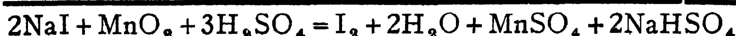
$$MnO_2 + H_2SO_4 = MnSO_4 + H_2O + O$$



$$2NaI + 2H_2SO_4 = 2NaHSO_4 + 2HI$$



$$2HI + O = I_2 + H_2O \quad \text{(জারণ-ক্রিয়া)}$$

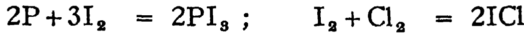


$$2NaI + MnO_2 + 3H_2SO_4 = I_2 + 2H_2O + MnSO_4 + 2NaHSO_4$$

২১-১৪। আয়োডিনের ধর্ম: (১) স্বাভাবিক উষ্ণতায় আয়োডিন চক্‌চকে ধূসর রংয়ের স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। উহার ঘনত্ব ৪·৯। উত্তাপ প্রয়োগে গলিবার বহু পূর্বেই উহা বাষ্পীভূত হইয়া বেগনী গ্যাসে পরিণত হয়। সুতরাং ইহা সহজেই ঊর্ধ্বপাতিত করা সম্ভব। বেশী উত্তপ্ত করিলে উহার অণুগুলি বিয়োজিত হয়। $I_2 \rightleftharpoons 2I$

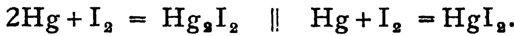
আয়োডিন জলে সামান্য দ্রবণীয়, কিন্তু বিভিন্ন জৈব দ্রাবকে [কোহল, কার্বন ডাই-সালফাইড প্রভৃতিতে] ইহা বেশ দ্রবীভূত হয়।

(২) আয়োডিন অনেক মৌলের সহিত সোজাসুজি যুক্ত হয় এবং আয়োডাইড উৎপন্ন করে। কোন কোন ক্ষেত্রে উত্তাপ ব্যতিরেকেই এই সংযোজনা হয়। যেমন ফসফরাস, ক্লোরিন, ব্রোমিন প্রভৃতির সহিত ইহার সংযোগ :



$$2P + 3I_2 = 2PI_3 ; \qquad I_2 + Cl_2 = 2ICl$$

পারদ ও আয়োডিন একত্র উত্তমরূপে মিশ্রিত করিলেই মারকারি আয়োডাইড প্রস্তুত হয়—

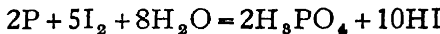


$$2Hg + I_2 = Hg_2I_2 \quad || \quad Hg + I_2 = HgI_2.$$

যদিও আয়োডিনের রাসায়নিক ধর্ম অন্যান্য হ্যালোজেনের অনুরূপ, কিন্তু ইহার সক্রিয়তা উহাদের চেয়ে অনেক কম।

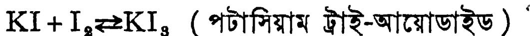
ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত আয়োডিনেরও হাইড্রোজেনের প্রতি আসক্তি আছে, কিন্তু মাত্রায় অনেক কম। প্লাটিনাম, টান্‌স্টেন্‌ জাতীয় প্রভাবকের উপস্থিতিতে অধিক উষ্ণতায় হাইড্রোজেন ও আয়োডিনের সংযোগ আংশিকভাবে সম্পন্ন হইয়া থাকে। $H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$.

লাল ফসফরাস ও আয়োডিনের মিশ্রণের উপর ফোঁটা ফোঁটা জল দিলে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



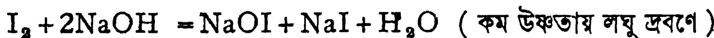
$$2P + 5I_2 + 8H_2O = 2H_3PO_4 + 10HI$$

(৩) আয়োডিন পটাসিয়াম আয়োডাইডের জলীয় দ্রবণে সহজেই দ্রবীভূত হয়। বস্তুতঃ, পটাসিয়াম আয়োডাইডের সহিত উহা সংযুক্ত হইয়া একটি নূতন যৌগিক পদার্থের সৃষ্টি করে।

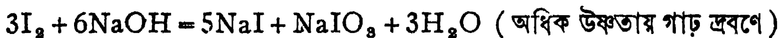


$KI + I_2 \rightleftharpoons KI_3$ (পটাসিয়াম ট্রাই-আয়োডাইড)

(৪) ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মত আয়োডিন ক্ষারপদার্থের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করে এবং আয়োডাইড, হাইপো-আয়োডাইট ও আয়োডেট লবণের উৎপত্তি করে :—



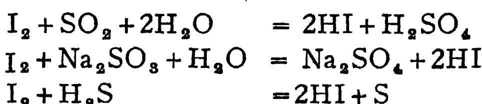
$I_2 + 2NaOH = NaOI + NaI + H_2O$ (কম উষ্ণতায় লঘু দ্রবণে)



$3I_2 + 6NaOH = 5NaI + NaIO_3 + 3H_2O$ (অধিক উষ্ণতায় গাঢ় দ্রবণে)

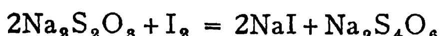
হাইপো-আয়োডাইটগুলি অত্যন্ত অস্থায়ী ধরণের এবং সহজেই আয়োডেটে পরিণত হইয়া যায়। $3NaOI = NaIO_3 + 2NaI$

(৫) আয়োডিন মৃদু জারণগুণসম্পন্ন। সালফার ডাই-অক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড প্রভৃতি আয়োডিন দ্বারা সহজেই জারিত হয়।



$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$
$$I_2 + Na_2SO_3 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HI$$
$$I_2 + H_2S = 2HI + S$$

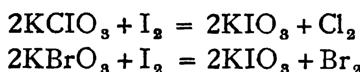
(৬) সোডিয়াম থায়ো-সালফেট দ্রবণের সহিত আয়োডিন সংস্পর্শ মাত্রেই বিক্রিয়া করে এবং সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেটে পরিণত হইয়া থাকে।



$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = 2NaI + Na_2S_4O_6$$

(সোডিয়াম থায়োসালফেট) (সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট)

(৭) আয়োডিন কোন ক্লোরাইড বা ব্রোমাইড হইতে ক্লোরিন বা ব্রোমিন প্রতিস্থাপিত করে না। কিন্তু, ক্লোরেট বা ব্রোমেট-এর মধ্যস্থিত ক্লোরিন বা ব্রোমিন আয়োডিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হওয়া সম্ভব। যথা :—



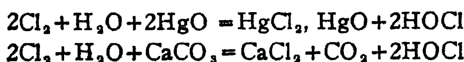
$$2KClO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Cl_2$$
$$2KBrO_3 + I_2 = 2KIO_3 + Br_2$$

২১-১৫। আয়োডিনের পরীক্ষা ঃ স্বাভাবিক রং এবং বেগনী বাষ্পের দ্বারাই আয়োডিনকে চেনা সম্ভব। CS_2, CCl_4 প্রভৃতি দ্রাবকেও উহা বেগনী রং ধারণ করে। ইহা ছাড়া, স্টার্চের কাথের সংস্পর্শে আসিলেই ইহা একটি নীল যৌগিকের সৃষ্টি করে। এই পরীক্ষাটিই সচরাচর প্রয়োগ করা হয়। এমন কি, পঞ্চাশ লক্ষ ভাগে এক ভাগ আয়োডিন থাকিলেও ইহা দ্বারা আয়োডিনের অস্তিত্ব ধরা সম্ভব।

ব্যবহার ঃ বীজবারক ঔষধ হিসাবে আয়োডিন প্রচুর ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া, KI, CHI_3 (আয়োডোফর্ম) প্রভৃতি নিত্যব্যবহার্য আয়োডিন-যৌগ প্রস্তুতিতে আয়োডিনের প্রয়োজন। মৃদু জারক রূপে জৈব রসায়নের অনেক বিক্রিয়াতে এবং কোন কোন রঞ্জক-প্রস্তুতিতে আয়োডিন আবশ্যক।

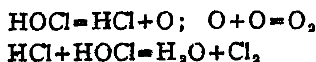
২১-১৬। হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড, HOCl ঃ হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া সম্ভব নয়, জলীয় দ্রবণেই শুধু উহার অস্তিত্ব প্রমাণিত হইয়াছে।

প্রস্তুতি ঃ ক্লোরিনের জলীয় দ্রবণের সহিত সদ্য প্রস্তুত পীত মারকিউরিক অক্সাইড ঝাঁকাইয়া লইলে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়। অথবা জলে ভাসমান চকের গুঁড়ার ভিতর ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলেও উহা হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের দ্রবণে পরিণত হয়।



$$2Cl_2 + H_2O + 2HgO = HgCl_2, HgO + 2HOCl$$
$$2Cl_2 + H_2O + CaCO_3 = CaCl_2 + CO_2 + 2HOCl$$

ইহার লঘু দ্রবণ মোটামুটি স্থায়ী হইলেও ইহার গাঢ় দ্রবণ, বিশেষতঃ আলোর প্রভাবে, বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন এবং ক্লোরিনে পরিণত হইয়া যায় :—

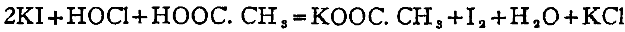


$$HOCl = HCl + O; \quad O + O = O_2$$
$$HCl + HOCl = H_2O + Cl_2$$

এত সহজে অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে পারে বলিয়াই হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড বেশ তীব্র-জারকের কাজ করে। বস্তুতঃ, উহা হইতে যে জায়মান অক্সিজেন সঞ্জাত হয়, তাহাই জারণ-ক্রিয়া সম্পন্ন করে।



$$Na_2SO_3 + HOCl = Na_2SO_4 + HCl$$

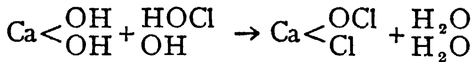


$$2KI + HOCl + HOOC.CH_3 = KOOC.CH_3 + I_2 + H_2O + KCl$$

হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড দ্রবণ বিরঞ্জকরূপে এবং বীজবারক রূপে ব্যবহারের হেতু উহার জায়মান অক্সিজেন প্রদান-ক্ষমতা।

২১-১৭। বিরঞ্জক-চূর্ণ, ব্লীচিং পাউডার, Ca(OCl)Cl

—সাধারণতঃ ব্লীচিং পাউডার বা বিরঞ্জক-চূর্ণ নামে যাহা পরিচিত, উহার রাসায়নিক নাম, "ক্যালসিয়াম-ক্লোরো-হাইপোক্লোরাইট", $Ca<^{OCl}_{Cl}$। ইহাকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড উভয়ের যুগ্ম-লবণ বলিয়া ধরা যাইতে পারে।



$$Ca<^{OH}_{OH} + {}^{HOCl}_{OH} \rightarrow Ca<^{OCl}_{Cl} + {}^{H_2O}_{H_2O}$$

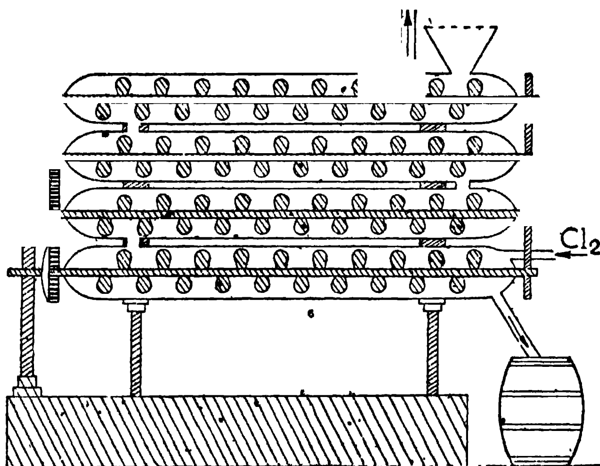
বিরঞ্জন-কার্যে এবং সংক্রামক জীবাণুর প্রতিষেধক হিসাবেই ইহার চাহিদা।

প্রস্তুতি: (১) সীসানির্মিত প্রকোষ্ঠের সিমেণ্ট বা শিলাজতুর মেঝেতে প্রথমে প্রায় তিন ইঞ্চি পুরু করিয়া কলিচুন রাখা হয়। এই কলিচুন বেশ চূর্ণ অবস্থায় থাকা প্রয়োজন এবং উহাতে শতকরা ২৬ ভাগের অধিক জল থাকা উচিত নয়। উপরের দিকে একটি প্রবেশ-নলের সাহায্যে এই প্রকোষ্ঠের ভিতরে অনার্দ্র ক্লোরিন গ্যাস চালিত করা হয়। এই ক্লোরিন গ্যাসে সচরাচর আয়তন হিসাবে শতকরা ৪০ ভাগ ক্লোরিন বায়ুর সহিত মিশ্রিত থাকে। কলিচুন ক্লোরিন শোষণ করে এবং ধীরে ধীরে বিরঞ্জক-চূর্ণে পরিবর্তিত হয়। যাহাতে যথাসাধ্য ক্লোরিন বিশোষিত হয় সেইজন্য মধ্যে মধ্যে কাঠের হাতা দ্বারা কলিচুন নাড়িয়া দিতে হয়। প্রকোষ্ঠটির উষ্ণতা ৪০° সেণ্টিগ্রেডের অনধিক রাখা হয়। অধিকতর উষ্ণতায় বিরঞ্জক-চূর্ণ বিযোজিত হইয়া যায়। প্রায় ২৪ ঘণ্টা এইরূপে রাখিয়া দিলে বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয়। বিক্রিয়া-শেষে প্রকোষ্ঠের দুয়ার খুলিয়া কিছু কলিচুনের গুঁড়া ছড়াইয়া দিতে হয়, তাহা অবশিষ্ট ক্লোরিন টানিয়া লয়। তৎপর এই বিরঞ্জক-চূর্ণ কাঠের বা আলকাতরা মাখান লোহার পিপেতে করিয়া চালান দেওয়া হয়।



$$Ca(OH)_2 + Cl_2 = Ca(OCl)Cl + H_2O.$$

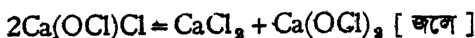
(২) হেজেনক্লেভারের যন্ত্রের ব্যবহারে অত্যন্ত লঘু ক্লোরিন গ্যাসের সাহায্যেও কলিচুন হইতে বিরঞ্জক-চূর্ণ প্রস্তুত করা সম্ভব (চিত্র ২১ছ.)। ইহাতে কয়েকটি লৌহনির্মিত অনুভূমিক প্রশস্ত নল বা সিলিণ্ডার থাকে। উহাদের প্রত্যেকটির অভ্যন্তরে "স্ক্রু"র মত একটি দীর্ঘ আলোড়ক আছে। সকলের উপরে যে নলটি আছে উহাতে কলিচুন দেওয়া হয়। আলোড়কগুলি আস্তে আস্তে ঘুরিতে থাকে। আলোড়কের ঘূর্ণনের সঙ্গে সঙ্গে এই কলিচুন এক প্রান্ত হইতে অপর প্রান্তে যাইতে থাকে এবং অবশেষে নির্গম-পথে দ্বিতীয় নলে প্রবেশ করে। এইভাবে কলিচুন চারিটি নল অতিক্রম করে। ইত্যবসরে



চিত্র ২১ছ—হেজেনক্লেভার যন্ত্রে বিরঞ্জক-চূর্ণ প্রস্তুতি

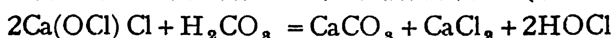
সর্বশেষ নলের ভিতর লঘু ক্লোরিন গ্যাস প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। এই ক্লোরিন কলিচুনের পথেই বিপরীত মুখে পরিচালিত হয়। সুতরাং কলিচুন ও ক্লোরিন নিবিড় সংস্পর্শে আসে এবং বিরঞ্জক-চূর্ণ উৎপন্ন হয়। সকলের নীচের নল হইতে বিরঞ্জক-চূর্ণ কাঠের পিপেতে ভরিয়া লওয়া যায়।

বিরঞ্জক-চূর্ণ একটি অনিয়তাকার পদার্থরূপে পাওয়া যায়। উহা জলে দ্রবীভূত হইয়া ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট মিশ্রণে পরিণত হয়।

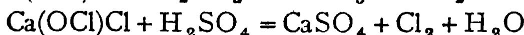


$$2Ca(OCl)Cl = CaCl_2 + Ca(OCl)_2$$ [জলে]

মৃদু অ্যাসিডের লঘু দ্রবণে বিরঞ্জক-চূর্ণ হইতে হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড পাওয়া যায়। কিন্তু তীব্র অ্যাসিডের দ্রবণে ক্লোরিন নির্গত হয়।



$$2Ca(OCl)Cl + H_2CO_3 = CaCO_3 + CaCl_2 + 2HOCl$$

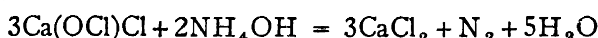


$$Ca(OCl)Cl + H_2SO_4 = CaSO_4 + Cl_2 + H_2O$$



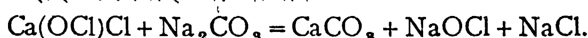
$$Ca(OCl)Cl + 2HCl = CaCl_2 + Cl_2 + H_2O$$

বলা বাহুল্য, এই নির্গত ক্লোরিনের জন্যই ইহার বিরঞ্জন-ক্রিয়া সম্পাদিত হয়। বিরঞ্জক-চূর্ণের উপর গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ দিলে, উহা হইতে নাইট্রোজেন বিমুক্ত হয়।



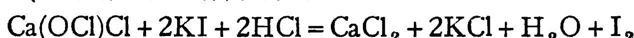
$$3Ca(OCl)Cl + 2NH_4OH = 3CaCl_2 + N_2 + 5H_2O$$

সোডিয়াম কার্বনেট বিরঞ্জক-চূর্ণের সহিত বিক্রিয়া করে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট পাওয়া যায় :—



$$Ca(OCl)Cl + Na_2CO_3 = CaCO_3 + NaOCl + NaCl.$$

বিরঞ্জক-চূর্ণের জারণক্ষমতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। পটাসিয়াম আয়োডাইড হইতে উহা আয়োডিন উৎপাদন করে।



$$Ca(OCl)Cl + 2KI + 2HCl = CaCl_2 + 2KCl + H_2O + I_2$$

কোবাল্টের যৌগসমূহের উপস্থিতিতে বিরঞ্জক-চূর্ণ হইতে অক্সিজেন পাওয়া যায় :—



$$2Ca(OCl)Cl = 2CaCl_2 + O_2$$

বিরঞ্জন-প্রণালী : বস্ত্রাদি বিরঞ্জক-চূর্ণ সাহায্যে পরিষ্কৃত করিতে হইলে প্রথমে অপরিষ্কৃত বস্ত্রাদি বিরঞ্জক-চূর্ণের দ্রবণে ভিজাইয়া লইতে হয় এবং পরে উহাকে অত্যন্ত লঘু অ্যাসিডে ধোয়া হয়। ইহাতে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। উহাই বিরঞ্জন করিয়া থাকে। অতঃপর অ্যাসিড দূরীভূত করার জন্য বস্ত্রগুলি সোডাতে ধুইয়া লওয়া হয় এবং পরে সোডিয়াম সালফাইট বা থায়ো-সালফেট দ্রবণে ধৌত করিয়া ক্লোরিন-মুক্ত করা হয়।

২১-১৮। তুলনা : চারিটি হ্যালোজেনের ভিতর যথেষ্ট সাদৃশ্য বিদ্যমান। উহাদের প্রায় সমস্ত ধর্মই অনুরূপ, কেবল ফ্লোরিন অত্যধিক সক্রিয় বলিয়া উহার কতকগুলি বিশেষ রাসায়নিক ধর্ম দেখা যায়। এই সকল ধর্মের মাত্রা অবশ্য পারমাণবিক গুরুত্ব বৃদ্ধির সহিত বাড়িতে বা কমিতে থাকে। ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিন আবার একই উপায়ে প্রস্তুত করাও হয় :—



$$2NaX + 3H_2SO_4 + MnO_2 = MnSO_4 + 2NaHSO_4 + 2H_2O + X_2$$

(X = হ্যালোজেন)

ইহারা সকলেই অধাতব মৌল, সুতরাং অপরাবিদ্যুৎগুণসম্পন্ন মৌলিক-পদার্থ। এই অপরাবিদ্যুৎগুণ অবশ্য ক্লোরিন হইতে আয়োডিন পর্যন্ত ক্রম-পর্যায়ে হ্রাস পাইতে থাকে। প্রত্যেকটি হ্যালোজেনই জারণগুণসম্পন্ন এবং বিরঞ্জকরূপে কাজ করে। পারমাণবিকগুরুত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে এই গুণগুলি কমিয়া যায়। উহাদের হাইড্রোজেন যৌগসমূহের মধ্যেও যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায়। ২৩৭, ২৩৮ পৃষ্ঠায় উহাদের ধর্মগুলির একটি তুলনামূলক তালিকা দেওয়া হইল :—

ধর্ম	ফ্লোরিন	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
১। পারমাণবিক গুরুত্ব	১৯	৩৫'৫	৮০	১২৭
২। সাধারণ অবস্থা, বর্ণ প্রভৃতি	ঈষৎ পীত গ্যাস	ঈষৎ সবুজ-পীত গ্যাস	ঘন-লাল তরল পদার্থ	কাল কঠিন পদার্থ, বাষ্পাকারে বেগনী
৩। ঘনত্ব (তরল অবস্থায়)	১'১১	১'৫৫	৩'১৯	৪'৯ (কঠিন)
৪। স্ফুটনাঙ্ক	—১৮৭°	—৩৪°	৫৯°	১৮৪°
৫। জলের উপর ক্রিয়া	HF এবং O_3 উৎপন্ন হয়	আস্তে আস্তে HCl এবং O_2 গ্যাসে পরিণত হইতে থাকে	HBr এবং O_2 গ্যাসে পরিণত হয়, বিশেষতঃ সূর্যালোকে	কোন ক্রিয়া হয় না
৬। জৈবপদার্থের উপর ক্রিয়া	বিনষ্ট হইয়া থাকে	হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে	হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে	কোন ক্রিয়া দেখা যায় না
৭। হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া	বিস্ফোরণপূর্বক সংযোগ সংঘটিত হয়	তীব্র আলোকপাতে বিস্ফোরণ হয় বটে, কিন্তু সাধারণ অবস্থায় ধীরে ধীরে HCl উৎপন্ন হয়	তাপের সাহায্যে হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া HBr উৎপন্ন হয়	আংশিক HI অ্যাসিড তাপ ও প্রভাবক সাহায্যে উৎপন্ন করা সম্ভব

ধর্ম	ফ্লোরিন	ক্লোরিন	ব্রোমিন	আয়োডিন
৮। মৌল পদার্থের সহিত ধাতু—	সকল ধাতুই আক্রান্ত হয় এবং প্রজ্বলিত হইয়া থাকে।	সকল ধাতুই আক্রান্ত হয় এবং অধিকাংশই প্রজ্বলিত হইয়া থাকে।	অধিকাংশ ধাতুই আক্রান্ত হয়।	অনেক ধাতুর সহিত সরাসরি মিলিত হয়।
অধাতু—	N_2, O_2, C ব্যতীত সবাই আক্রান্ত হয়	N_2, O_2, এবং C ছাড়া সবাই আক্রান্ত হয়।	N_2, O_2, C, Si ছাড়া সবাই আক্রান্ত হয়।	কেবলমাত্র P, As, halogens-এর সহিত যুক্ত হয়
৯। ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া :— (ক) লঘু দ্রবণ	ফ্লোরাইড, ফ্লোরিন মনোক্সাইড ইত্যাদি পাওয়া যায়।	Cl′ OCl′ ও জল উৎপন্ন হয়	Br′, OBr′ ও জল উৎপন্ন হয়।	I′, OI′ এবং জল পাওয়া যায়।
(খ) গাঢ় দ্রবণ	ফ্লোরাইড, অক্সিজেন ইত্যাদি পাওয়া যায়	Cl′ ও ClO_3' এবং জল উৎপন্ন হয়	Br′, BrO_3' ও জল উৎপন্ন হয়	I′, IO_3' এবং জল পাওয়া যায়।
১০। উহাদের হাইড্রোজেন যৌগসমূহ :—	HF	HCl	HBr	HI
(ক) স্থায়িত্ব	উত্তাপে কিছুই হয় না	১৫০০° সেণ্টি. বিযোজন সুরু হয়	৮০০° উপরে বিযোজন আরম্ভ হয়	সূর্যালোকে বা ১৮০° বিযোজন আরম্ভ হয়
(খ) জলে দ্রাব্যতা (০° উষ্ণতায়)	৪০%	৪৩%	৬৭%	৯০%

বিভিন্ন হ্যালোজেনের অক্সিজেন যৌগসমূহ অবশ্য বিভিন্ন রকমের। ফ্লোরিনের কোন অক্সি-অ্যাসিড নাই। অপর তিনটির অক্সি-অ্যাসিড সব একরূপ নহে।

দ্বাবিংশ অধ্যায়

ফসফরাস

সঙ্কেত P_4। পারমাণবিক গুরুত্ব, ৩০.৯৮। ক্রমাঙ্ক ১৫।

হামবুর্গের চিকিৎসক ব্র্যাণ্ড (Brand) ১৬৭৪ খ্রীষ্টাব্দে মূত্র হইতে ফসফরাস আবিষ্কার করেন। উহার প্রায় একশতাব্দী পরে ১৭৭১ খ্রীষ্টাব্দে গ্যান (Gahn) প্রমাণ করেন যে অস্থিতেও ফসফরাস বিদ্যমান। উহার পরের বৎসরেই শীলে অস্থিচূর্ণ হইতে ফসফরাস প্রস্তুত করার উপায়টি উদ্ভাবন করেন। ১৭৭৭ খ্রীষ্টাব্দে ল্যাভয়সিয়র কর্তৃক উহার মৌলত্ব প্রমাণিত হয়। স্বতঃপ্রবৃত্ত হইয়া আলো বিকিরণ করে, অর্থাৎ অনুপ্রভ, এই জন্য উহার নামকরণ হয় ফসফরাস (Phos, আলো, pheres, ধারণ করা)।

প্রকৃতিতে ফসফরাস মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় না। উহার বিভিন্ন যৌগের ভিতর ক্যালসিয়াম ফসফেট বিশেষ উল্লেখযোগ্য। হাড়ের ভিতর শতকরা প্রায় ৫৮ ভাগ ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে। এতদ্ব্যতীত বহু খনিজ পদার্থেও ফসফেট যৌগ থাকে :—

(১) ফ্লুর-অ্যাপেটাইট (Flour-apatite) $3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$

(২) ক্লোর-অ্যাপেটাইট (Chlor-apatite), $3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2$

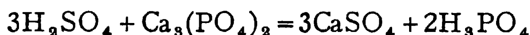
(৩) ফসফোরাইট (Phosphorite), $Ca_3(PO_4)_2$ ইত্যাদি

উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের ফসফো-প্রোটিন যৌগে ফসফরাস আছে। দুধের ক্যাজেইন, ডিমের ভাইটেলীন উহার দৃষ্টান্ত।

২২-১। অস্থিভস্ম হইতে ফসফরাস প্রস্তুতি : প্রথমতঃ অস্থিসমূহ ছোট ছোট টুকরা করিয়া জলে ফুটাইয়া পরিষ্কৃত করিয়া লওয়া হয়। তৎপর CS_2 দ্রাবকদ্বারা উহা হইতে স্নেহ ও চর্বিজাতীয় পদার্থগুলি নিষ্কাশিত করা হয় এবং অতিতপ্ত স্টীমের ভিতর অস্থিগুলি সিদ্ধ করিয়া লইলে উহার আঠা ও জিলাটিন জাতীয় জৈবপদার্থগুলি দূর হয়। অতঃপর একটি আবদ্ধ লৌহপাত্র হইতে উহার অন্তর্ধূমপাতন করা হয়। এই প্রক্রিয়ার ফলে অস্থিসমূহ একটি কালো বিচূর্ণ পদার্থে পরিণত হয়। ইহাকে প্রাণীজ অঙ্গার বলে। ইহা কার্বন ও ক্যালসিয়াম ফসফেটের মিশ্রণ। প্রাণীজ অঙ্গারটিকে বাতাসে ভস্মীভূত

করিলে ইহা একটি শ্বেতাভ পদার্থে পরিণত হয়—ইহাই "অস্থিভস্ম" (Bone ash)। ইহাতে ৮০% ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে।

মোটামুটি রকমের গাঢ় ও তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তমরূপে মিশ্রিত করিয়া বিচূর্ণ অস্থিভস্মকে ক্যালসিয়াম সালফেট ও ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়।

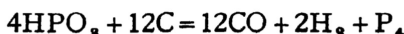


$$3H_2SO_4 + Ca_3(PO_4)_2 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

অদ্রব $CaSO_4$ ছাঁকিয়া সরাইয়া লওয়া হয় এবং ফসফরিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়। অতঃপর ক্রমাগত বাষ্পীভবনদ্বারা গাঢ় করিয়া ঐ দ্রবণটিকে সিরাপে পরিণত করা হয়। এই সিরাপটির সহিত কার্বন বা চারকোলচূর্ণ মিশ্রিত করিয়া মিশ্রণটিকে লোহার কড়াইতে সম্পূর্ণ বিশুষ্ক করা হয়। অগ্নিসহ মৃত্তিকার বকযন্ত্রে এই শুষ্ক অবশেষটি শ্বেততপ্ত করা হয়। বকযন্ত্রের মুখটি জলের নীচে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়। উত্তাপে ফসফরিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া প্রথমে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং পরে উহা কার্বনদ্বারা বিজারিত হইয়া ফসফরাসে পরিবর্তিত হয়। H_2,CO এবং ফসফরাস—বিক্রিয়াজাত এই তিনটি পদার্থই গ্যাসীয় অবস্থায় নির্গত হয়। জলের সংস্পর্শে আসিয়া ফসফরাস ঘনীভূত হইয়া কঠিনাকার ধারণ করে, কিন্তু H_2 এবং CO বাহির হইয়া চলিয়া যায়।



$$H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$$



$$4HPO_3 + 12C = 12CO + 2H_2 + P_4$$

ফসফরাস বায়ুর সংস্পর্শে আসিলেই অক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে। সুতরাং, সর্বদা ইহাকে জলের ভিতরে রাখা হয়।

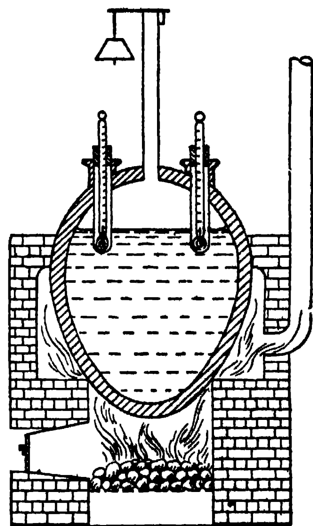
২২-২। ফসফরাসের বহুরূপতা: উপরি-বর্ণিত উপায়ে যে ফসফরাস প্রস্তুত হয় তাহাকে শ্বেত বা কখনও পীত ফসফরাস বলা হয়। ফসফরাস একটি বহুরূপী মৌল। উহার একাধিক রূপভেদ আছে, তন্মধ্যে শ্বেত ও লোহিত ফসফরাস বিশেষ উল্লেখযোগ্য। এই দুই প্রকারের ফসফরাসের মধ্যে অবস্থাগত ধর্মের পার্থক্য ত আছেই, রাসায়নিক ধর্মেরও অনৈক্য বিদ্যমান।

লোহিত-ফসফরাস সর্বদাই শ্বেত ফসফরাস হইতে প্রস্তুত হয়। একটি আবদ্ধ

লৌহপাত্রে নাইট্রোজেন বা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের মধ্যে রাখিয়া শ্বেত ফসফরাস ২৪০°-২৫০° পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে উহা লোহিত ফসফরাসে পরিণত হয়। পরিবর্তনটি সহজসাধ্য করার জন্য প্রভাবক হিসাবে একটু আয়োডিন মিশ্রিত করা হয় (চিত্র ২২ক)।

$$P\ (\text{শ্বেত}) \xrightarrow{২৫০^\circ} P\ (\text{লোহিত})$$

এই বিক্রিয়াটি তাপ-উদ্গারী, এবং দ্রুত নিষ্পন্ন হইলে অত্যধিক তাপ উৎপন্ন হইয়া বিস্ফোরণ ঘটিবার সম্ভাবনা থাকে বলিয়া এই প্রক্রিয়ার সময় উষ্ণতা কখনও ২৫০° সেন্টিগ্রেডের অধিক করা হয় না। উৎপন্ন কঠিন লোহিত ফসফরাসের সহিত কিছু শ্বেত ফসফরাস মিশ্রিত থাকে। সেই জন্য উহাকে চূর্ণ করিয়া কস্টিক সোডার গাঢ় দ্রবণের সহিত ফুটাইয়া লওয়া হয়। ইহাতে লোহিত ফসফরাসের কিছু হয় না, কিন্তু শ্বেত ফসফরাস ফসফিন ও সোডিয়াম হাইপোফসফাইটে পরিণত হইয়া যায়। জলে ধুইয়া ও শুকাইয়া লোহিত ফসফরাস সংগ্রহ করা যাইতে পারে। ইহা বায়ুতে সহজে জারিত হয় না। সুতরাং, জলের নীচে রাখার প্রয়োজন নাই।


চিত্র ২২ক—লোহিত ফসফরাস প্রস্তুতি।

লোহিত ফসফরাস ৫৫০° ডিগ্রীরও অধিক উষ্ণতায় বাষ্পীভূত করিয়া পাতিত করিলে উহা আবার শ্বেত ফসফরাসে পরিণত হয়।

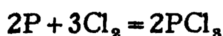
২২.৩। ফসফরাসের ধর্ম। শ্বেত ফসফরাস : (১) ইহা শ্বেত বা পীতাভ নিয়তাকার কঠিন পদার্থ। কিন্তু ইহার কাঠিন্য খুব কম এবং মোমের মত ইহাকে ছুরির সাহায্যে কাটা যায়। জলে ইহা অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাইসালফাইড, বেনজিন, তার্পিন ও অলিভ তেলে ইহা দ্রবীভূত হয়। শ্বেত ফসফরাস একটি বিষ।

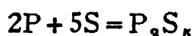
(২) অক্সিজেন বা বাতাসের সংস্পর্শে আসিলেই শ্বেত ফসফরাস জারিত হইয়া থাকে। উষ্ণতা যদি ৩০° সেন্টিগ্রেডের অধিক হয় তাহা হইলে এই

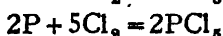
জারণের সময় ফসফরাস জ্বলিয়া ওঠে এবং একটি ঈষৎ সবুজ শিখার সৃষ্টি করে। জারণের ফলে সাধারণতঃ ফসফরাস ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উহার দহনের সময় যে আলোক-শিখা উৎপন্ন হয় তাহা কিন্তু অত্যন্ত ঠাণ্ডা ; ইহা স্পর্শ করিলেও কোন তাপ অনুভূত হয় না। অন্য বস্তুর সহিত স্বল্প পরিমাণে (লক্ষভাগে একভাগ) মিশ্রিত থাকিলেও এই আভা হইতে ফসফরাসের উপস্থিতি জানা সম্ভব। ইহাকেই ফসফরাসের অনুপ্রভা বলে। বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে মনে হয়, ফসফরাসের এই স্বতঃদহনের (auto-oxidation) সময় বাতাসে কিঞ্চিৎ জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি প্রয়োজন। অত্যন্ত শুষ্ক অক্সিজেনে ফসফরাসের জারণ হইতে চায় না। তার্পিন তেল, কোহল প্রভৃতি থাকিলেও ফসফরাসের জারণ অনেকটা নিবারিত হয়। অতএব ইহারা বাধকের কাজ করে।

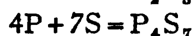
শ্বেত ফসফরাস যদি বাতাসে উত্তপ্ত করা হয় তাহা হইলে ফসফরাস-পেণ্টোক্সাইডের ধূম নির্গত হইতে থাকে। $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$.

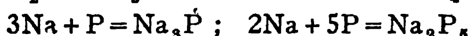
(৩) বিভিন্ন হ্যালোজেন ও সালফারের সহিত সোজাসুজি যুক্ত হইয়া শ্বেত ফসফরাস ভিন্ন ভিন্ন যৌগের সৃষ্টি করে। কোন কোন ধাতুর সহিতও ইহার রাসায়নিক সংযোগ হইতে দেখা যায়। এই সকল বিক্রিয়াকালে প্রায়ই উহা জ্বলিয়া ওঠে এবং তাপ ও আলো উদ্গীরণ করে।


$$2P + 3Cl_2 = 2PCl_3$$


$$2P + 5S = P_2S_5$$

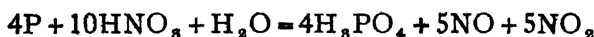

$$2P + 5Cl_2 = 2PCl_5$$


$$4P + 7S = P_4S_7$$


$$3Na + P = Na_3P \; ; \quad 2Na + 5P = Na_2P_5$$

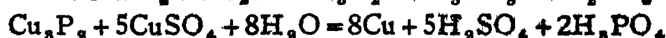
(৪) কস্টিক সোডা, কস্টিক পটাস ইত্যাদি তীক্ষ্ণক্ষারের দ্রবণের সহিত শ্বেত ফসফরাস ফুটাইলে উহা ফসফিন গ্যাস ও হাইপোফসফাইট লবণে পরিণত হয় :— $4P + 3NaOH + 3H_2O = PH_3 + 3H_2NaPO_2$

(৫) শ্বেত ফসফরাস বিজারক হিসাবেও ক্রিয়া করে। গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও শ্বেত ফসফরাস একত্র ফুটাইলে অ্যাসিড বিজারিত হইয়া নাইট্রোজেন অক্সাইডে পরিণত হয়, এবং ফসফরাস জারিত হইয়া ফসফরিক অ্যাসিড হয়।


$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

কপার, সিলভার ও গোল্ডের লবণের দ্রবণে শ্বেত ফসফরাস দিলে ঐ সমস্ত লবণ বিজারিত হইয়া উহাদের ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয়।


$$4P + 3CuSO_4 + 6H_2O = Cu_3P_2 + 2H_3PO_3 + 3H_2SO_4$$


$$Cu_3P_2 + 5CuSO_4 + 8H_2O = 8Cu + 5H_2SO_4 + 2H_3PO_4$$

লোহিত ফসফরাস ঃ ইহা একটি লাল রঙের মোটামুটি অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। খুব সম্ভবতঃ ইহা বিভিন্ন প্রকারের ফসফরাস যৌলের মিশ্রণ। ইহার ঘনত্ব ২·১৬, ইহার কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই, তবে ৫৯০° ডিগ্রীর উপর ইহা নরম হইতে থাকে এবং আরও অধিক উষ্ণতায় পাতিত হইয়া শ্বেত-ফসফরাসে পরিণতি লাভ করে। ইহা জলে দ্রবীভূত হয় না এবং অন্যান্য (CS_2 ইত্যাদি) জৈবদ্রাবকেও অদ্রবণীয়। শ্বেত ফসফবাসের মত ইহার বিষক্রিয়া নাই।

বাতাসে লোহিত ফসফরাস সহজে জারিত হয় না। ২৬০° সেণ্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় অবশ্য ইহা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয় এবং যথারীতি ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড উৎপাদন করে। হ্যালোজেনের সহিত লোহিত ফসফরাস সহজেই যুক্ত হয়, কিন্তু তীক্ষ্ণক্ষার ($NaOH$) দ্রবণের সহিত ইহার কোন বিক্রিয়া হয় না। লোহিত ফসফরাসের কোন উল্লেখযোগ্য বিজারণ দেখা যায় না।

ফসফরাসের ব্যবহার ঃ শ্বেত ফসফরাসের অধিকাংশই লোহিত ফসফরাস তৈয়ারী করিতে ব্যবহার করা হয়। সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম হাইপোফসফাইট, ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড প্রভৃতি ফসফরাসের বিভিন্ন যৌগ প্রস্তুত করিতেও শ্বেত ফসফরাস ব্যবহৃত হয়। এই সমস্ত যৌগপদার্থের বাজারে চাহিদা আছে।

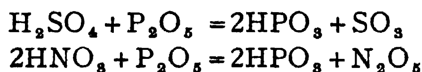
লোহিত ফসফরাস বর্তমানে সমস্ত দিয়াশলাইতে ব্যবহৃত হয়। পূর্বে অবশ্য 'লুসিফার দীপ-শলাকাতে' শ্বেত ফসফরাসও ব্যবহৃত হইত। কিন্তু স্বাস্থ্যের পক্ষে হানিকর বলিয়া ঐরূপ দিয়াশলাই বর্তমানে প্রস্তুত হয় না।

২২-৩। ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড, P_2O_5 ঃ একটি বড় কাচের পাত্রে ছোট লোহার চামচে করিয়া অল্প অল্প শ্বেত ফসফরাস অতিরিক্ত বায়ুতে পোড়াইলেই ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড পাওয়া যায়। ইহা পাত্রটির তলদেশে সঞ্চিত হয়। পরে উহাকে ঊর্ধ্বপাতন প্রক্রিয়ার সাহায্যে বিশুদ্ধতর করা যাইতে পারে। $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$

ইহা অম্লজাতীয় অক্সাইড। শীতলজলে দ্রবীভূত হইলে মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড, কিন্তু গরম জলে দ্রবীভূত করিলে অর্থোফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় :— $P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$; $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

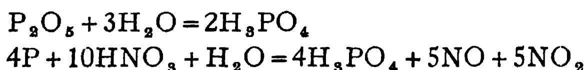
বস্তুতঃ, জলের প্রতি ফসফরাস পেণ্টোক্সাইডের আসক্তি খুব বেশী। সুতরাং অন্য কোন বস্তু হইতে জল শোষণ করিয়া লইতে বা কোন গ্যাস হইতে জলীয় বাষ্প সরাইয়া লইতে ইহা উৎকৃষ্ট নিরুদকের কাজ করে। শুধু জলীয় বাষ্প

নয়, কোন কোন অণু হইতেও ইহা জল টানিয়া লয় এবং উহাদের বিযোজিত করিয়া দেয় ; যথা :—



$$H_2SO_4 + P_2O_5 = 2HPO_3 + SO_3$$
$$2HNO_3 + P_2O_5 = 2HPO_3 + N_2O_5$$

অর্থো-ফসফরিক অ্যাসিড, H_3PO_4 : ইহাকে সচরাচর ফসফরিক অ্যাসিডই বলা হয়। ফসফরাস পেণ্টোক্সাইড ফুটন্ত জলে দ্রবীভূত করিয়া ফসফরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়, কিন্তু গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ফসফরাস ফুটাইয়া ইহা তৈয়ারী করাই ল্যাবরেটরীর সাধারণ রীতি।



$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$
$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

বেশী পরিমাণে সস্তায় ফসফরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করিতে হইলে খনিজ ফসফরাইট অথবা অস্থিভস্ম চূর্ণ নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ লৌহ-নির্মিত কড়াইতে ফুটাইয়া প্রস্তুত করা হয়। এই বিক্রিয়াতে যে ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়, তাহা অদ্রবণীয়। উহা ছাঁকিয়া পৃথক করিলেই ফসফরিক অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায় (পৃষ্ঠা ২৪০)। তাপ সাহায্যে ইহাকে গাঢ় করিয়া ফসফরিক অ্যাসিডের সিরাপে পরিণত করা হয়। ইহা বোতলে করিয়া বাজারে চালান দেওয়া হয়।



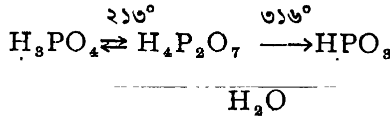
$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 2H_3PO_4 + 3CaSO_4$$

২২-৪। ফসফরিক অ্যাসিডের ধর্ম : বিশুদ্ধ ফসফরিক অ্যাসিড বর্ণহীন স্ফটিকের আকারে পাওয়া যায়। গলনাঙ্ক ৩৯° C। উহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়।

উত্তপ্ত করিতে থাকিলে ফসফরিক অ্যাসিডের অণু হইতে ধীরে ধীরে জল দূরীকৃত হইয়া যায় এবং ইহা বিভিন্ন অ্যাসিডে পরিণত হইতে থাকে। ২১৩° সেন্টিগ্রেডে দুইটি ফসফরিক অ্যাসিড অণু হইতে একটি জলের অণু নিষ্ক্রান্ত হইয়া উহা পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিডে পরিবর্তিত হয়। এই ভাবেই পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুত হয়। $2H_3PO_4 \rightleftharpoons H_2O + H_4P_2O_7$

পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড আরও উত্তপ্ত করিয়া ৩১৬° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় রাখিলে উহা হইতে আবার একটি জলের অণু বাহির হইয়া যায় এবং মেটা-ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $H_4P_2O_7 = H_2O + 2HPO_3$

এই বিক্রিয়াগুলি প্রায়ই উভমুখী অর্থাৎ জলের সহিত মিলিয়া আবার পূর্বের ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া থাকে।



$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H_4P_2O_7 \longrightarrow HPO_3$$

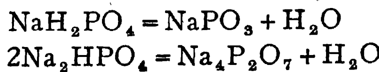
(২১৩°, ৩১৬°; H_2O)

ফসফরিক অ্যাসিডের তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুই ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপন করা সম্ভব। অর্থাৎ, ইহা ত্রিক্ষারীয় অ্যাসিড। অতএব, ইহা হইতে তিন রকমের লবণ পাওয়া যাইতে পারে, NaH_2PO_4, Na_2HPO_4 এবং Na_3PO_4। একটি মাত্র হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলে প্রাইমারী, দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলে সেকেণ্ডারী ও তিনটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন দ্বারা টারসিয়ারী ফসফেট পাওয়া যায়।

প্রাইমারী ফসফেট যেমন,	NaH_2PO_4,	সোডিয়াম ডাই হাইড্রোজেন ফসফেট,
	$Ca(H_2PO_4)_2$,	প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট।
সেকেণ্ডারী ফসফেট, যেমন,	Na_2HPO_4,	ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট,
	$CaHPO_4$,	সেকেণ্ডারী ক্যালসিয়াম ফসফেট।
টারসিয়ারী ফসফেট, যেমন,	Na_3PO_4	ট্রাই সোডিয়াম ফসফেট,
	$Ca_3(PO_4)_2$	ক্যালসিয়াম ফসফেট।

বস্তুতঃ, ফসফরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে ফিনল-থ্যালিনের সাহায্যে তীক্ষ্ণক্ষার দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করিলে উহার দুইটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় এবং সেকেণ্ডারী ফসফেট পাওয়া যায়। উহার সহিত প্রয়োজনীয় পরিমাণ ক্ষার-দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া টারসিয়ারী লবণ প্রস্তুত করিতে হয়। প্রাইমারী লবণগুলি অম্লজাতীয়, টারসিয়ারী লবণগুলি ক্ষার-জাতীয় এবং সেকেণ্ডারী লবণগুলি প্রায় প্রশম অবস্থায় থাকে।

প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারী ফসফেটগুলি তাপিত করিলে উহারা ভাঙিয়া যায় এবং যথাক্রমে মেটা-ফসফেট ও পাইরো-ফসফেটে পরিণত হয়।



$$NaH_2PO_4 = NaPO_3 + H_2O$$
$$2Na_2HPO_4 = Na_4P_2O_7 + H_2O$$

ফসফরিক অ্যাসিডের পরীক্ষা : (১) যে কোন ফসফরিক অ্যাসিড বা যে কোন ফসফেট গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণ সহ ঈষৎ উষ্ণ করিলেই চমৎকার পীত অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

(২) যে কোন ফসফেট লবণ কার্বনের উপর কোবাল্ট নাইট্রেটসহ ফুৎশিখাতে উত্তপ্ত করিলে উহা গাঢ় নীল পদার্থে পরিণত হয়।

২২-৫। নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের সাদৃশ্য ঃ (১) দুইটি মৌলিক পদার্থই অধাতব। সাধারণ অবস্থায় নাইট্রোজেন গ্যাস এবং ফসফরাস কঠিনাকার। নাইট্রোজেন অনেকটা নিষ্ক্রিয় এবং প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় পাওয়া যায়, কিন্তু ফসফরাস অত্যন্ত সক্রিয়, উহা কখনও মৌলরূপে প্রকৃতিতে থাকিতে পারে না। নাইট্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক, ফসফরাস চতুর্পরমাণুক।

(২) উভয়েই একাধিক রূপভেদে থাকিতে পারে, অর্থাৎ উহাদের বহুরূপতা আছে। নাইট্রোজেন —সাধারণ ও সক্রিয়। ফসফরাস—শ্বেত ও লোহিত।

(৩) উভয় মৌলই বহুযোজী। উহাদের প্রধান যোজ্যতা তিন ও পাঁচ। অন্যান্য যোজ্যতাও দেখা যায় :—NH_3, N_2O_5 ; PCl_3, P_2O_5 ।

(৪) উভয়েই প্রায় একইরূপ বিভিন্ন হাইড্রোজেন যৌগ উৎপন্ন করিতে সমর্থ।

নাইট্রোজেন—NH_3, N_2H_4, N_3H

ফসফরাস —PH_3, P_2H_4, $P_{12}H_6$

অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের মধ্যেও অনেক সাদৃশ্য বর্তমান এবং এই দুইটি হাইড্রোজেন যৌগই ক্ষারধর্মী।

(৫) দুইটি মৌলেরই একাধিক অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড আছে। অক্সাইডসমূহের দুই-একটি প্রশম বটে, কিন্তু আর সবই অম্লজাতীয়, উহাদের ভিতরেও অনেকটা মিল দেখা যায়।

	নাইট্রোজেন	ফসফরাস
অক্সাইড,	N_2O, NO, N_2O_3	P_2O_3, P_2O_4
	N_2O_3, N_2O_5	P_2O_5
অ্যাসিড,	HNO_2, HNO_3	H_3PO_2, H_3PO_3, H_3PO_4
		HPO_3

(৬) উভয়েরই ক্লোরাইড অস্থায়ী ধরণের এবং খুব সহজেই আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া থাকে :—

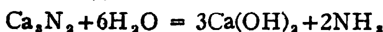


$$NCl_3+3H_2O = NH_3+3HOCl$$

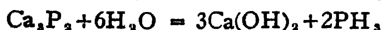


$$PCl_3+3H_2O = 3HCl+H_3PO_3$$

(৭) ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর সহিত উহারা যুক্ত হইয়া যে সকল যৌগ উৎপন্ন করে, সেগুলিও আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া থাকে এবং অ্যামোনিয়া বা ফসফিন উৎপাদিত হয় :—



$$Ca_3N_2+6H_2O = 3Ca(OH)_2+2NH_3$$



$$Ca_3P_2+6H_2O = 3Ca(OH)_2+2PH_3$$

ত্রয়োবিংশ অধ্যায়

সালফার

[গন্ধক]

সঙ্কেত, S। পারমাণবিক গুরুত্ব, ৩২'০৬। ক্রমাঙ্ক, ১৬।

আমাদের দেশে সালফার 'গন্ধক' নামেই পরিচিত এবং ইহার ব্যবহারও বহু প্রাচীন। প্রকৃতিতে মৌলাবস্থাতেই সালফার পাওয়া যায়। বিশেষতঃ আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে ইহার প্রাচুর্য দেখা যায়। সিসিলি ও জাপানে যথেষ্ট সালফার আছে, কিন্তু সালফারের সর্বাপেক্ষা বড় খনি আমেরিকার যুক্তরাজ্যে এবং পৃথিবীর প্রয়োজনীয় সালফারের প্রায় ½ অংশ আমেরিকা হইতে আসে। এতদ্ব্যতীত বিভিন্ন সালফাইড ও সালফেট রূপেও যথেষ্ট সালফার প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। উহাদের কয়েকটির নাম উল্লেখ করা হইল :—

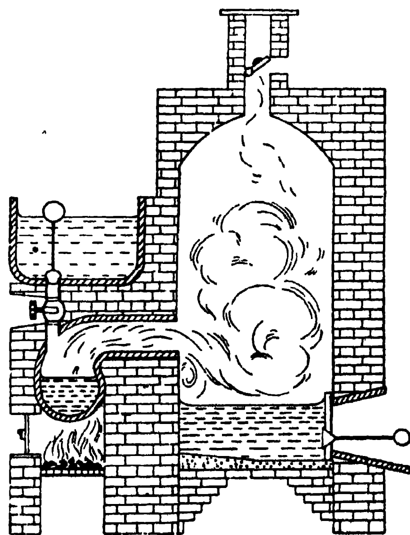
(১) আয়রন পাইরাইটিস, FeS_2।

(২) কপার পাইরাইটিস, Cu_2S, Fe_2S_3।

(৩) গেলেনা, PbS। (৪) জিপসাম, $CaSO_4$, $2H_2O$।

(৫) কাইসেরাইট, $MgSO_4$, H_2O ইত্যাদি।

২৩-১। সালফার উৎপাদন : মৌলাবস্থায়ই সালফার পাওয়া যায় বলিয়া উহাকে যৌগ হইতে প্রস্তুত করার কোন প্রয়োজন হয় না। প্রকৃতিতে যে সালফার পাওয়া যায়, উহা অন্যান্য পদার্থের সহিত মিশ্রিত থাকে। উহাকে বিশুদ্ধ করিয়া লইতে হয়। প্রধানতঃ, সিসিলি ও আমেরিকা—এই দুই অঞ্চলে সালফার পাওয়া যায়।

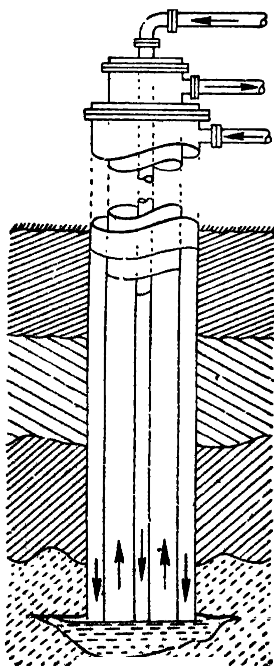


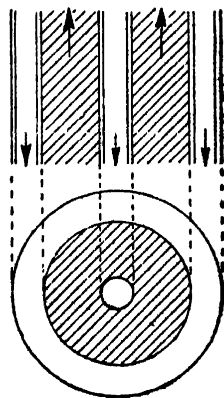
চিত্র ২৩ক—সিসিলীয় সালফার

(১) **সিসিলীয় পদ্ধতি :** সিসিলি দ্বীপে যে সালফার পাওয়া যায় উহাতে চুনাপাথর, জিপসাম, মাটি প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে এবং সালফারের পরিমাণ শতকরা ২০-২৫ ভাগ মাত্র। সালফার-মিশ্রিত পাথরসমূহ প্রকাণ্ড ইটের চুল্লীতে স্তূপীকৃত করিয়া উহার উপরের অংশে

আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। প্রায় এক-তৃতীয়াংশ সালফার পুড়িয়া সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস হইয়া চলিয়া যায়, কিন্তু এই উত্তাপে বাকী সালফার গলিয়া যায় এবং নীচে জমা হয়। উক্ত উপায়ে যে সালফার পাওয়া যায় উহাতে শতকরা ৫-৭ ভাগ মাটি ও অন্যান্য অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকে। ইহাকে পাতিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

(২) **আমেরিকান পদ্ধতি ঃ** আমেরিকায় সালফার ভূপৃষ্ঠ হইতে কয়েকশত ফিট নীচে পাওয়া যায়। ইহাকে তুলিবার জন্য একটি বিশেষ ব্যবস্থা করা হয়। বিভিন্ন ব্যাসের তিনটি এককেন্দ্রীয় নল মাটির নীচে সালফার খনিতে প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয় (চিত্র ২৩খ)। বহিঃস্থ নলটি দিয়া প্রায়





চিত্র ২৩খ—ফ্র্যাস প্রণালী

১০ অ্যাটমস্‌ফিয়ার চাপে অতিতপ্ত জল ১৮০° সেন্টিগ্রেডে পাম্পের সাহায্যে প্রবেশ করান হয়। মধ্যস্থলে যে নলটি থাকে তাহার ভিতর দিয়া অত্যন্ত বেশী চাপে বাতাস ঢুকাইয়া দেওয়া হয়। উত্তপ্ত জলের সংস্পর্শে আসিয়া

সালফার গলিয়া যায়। গলিত সালফারের ভিতর দিয়া অতিরিক্ত চাপে বাতাস যখন বুদ্‌বুদের আকারে পরিচালিত করা হয়, তখন সালফার ফেনায়িত হইয়া উঠে। মধ্যবর্তী তৃতীয় নলটি দিয়া এই সালফার-ফেনা উপরে উঠিয়া আসে। বড় বড় কাঠের চৌবাচ্চায় উহাদের শীতল করা হয়। এইভাবে সালফার সংগৃহীত করা হয়। ইহার বিশুদ্ধতা শতকরা প্রায় ৯৯.৫ ভাগ। এই পদ্ধতিটিকে 'ফ্র্যাস-প্রণালী' (Frasch Process) বলা হয়।

২৩-২। সালফারের বহুরূপতা : সালফার মৌলটির বিভিন্ন রূপভেদ দেখা যায়। রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য বিশেষ না থাকিলেও উহাদের ভিতর অবস্থাগত ধর্মের যথেষ্ট বিভেদ আছে। নিম্নলিখিত রূপভেদগুলিই বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(১) নিয়তাকার সালফার—(ক) α-সালফার বা অষ্টপলা গন্ধক।
(খ) β-সালফার বা প্রিজম্‌-সালফার।
(২) অনিয়তাকার সালফার—(ক) নমনীয় (Plastic) সালফার।
(খ) শ্বেত সালফার।
(গ) কলয়েড সালফার।
(৩) তরল সালফার— (ক) λ-সালফার।
(খ) μ-সালফার।

***α*-সালফার :** সাধারণ অবস্থায় যে পীতাভ গন্ধক পাওয়া যায় উহাই α-সালফার। ইহা নিয়তাকার এবং উহার স্ফটিকে আটটি পৃষ্ঠ-তল আছে। ইহাকে অবশ্য রম্বিক (Rhombic) বা অষ্ট-পলা সালফারও বলা হয়।

***β*-সালফার :** ইহাও নিয়তাকার গন্ধক। α-সালফার ৯৫.৫° ডিগ্রীর চেয়ে অল্প বেশী উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে উহা β-সালফারে পরিণত হইয়া যায়। ইহা সূচের মত দীর্ঘাকৃতি স্বচ্ছ হলুদ স্ফটিকের আকারে পাওয়া যায়।

α-সালফারের উষ্ণতা ৯৫.৫° ডিগ্রীর অধিক হইলেই উহা β-সালফারে পরিণত হয়, আবার β-সালফার এই উষ্ণতার নীচে আসিলেই α-সালফারে রূপান্তরিত হইয়া যায়। অর্থাৎ, এই রূপান্তর উভমুখী। অবশ্য ৯৫.৫° ডিগ্রী এই নির্দিষ্ট উষ্ণতায় α- এবং β-উভয় সালফারের অস্তিত্বই সম্ভব। যে উষ্ণতায় এইরূপ উভমুখী রূপান্তর সংঘটিত হয় এবং যে উষ্ণতার ঊর্ধ্বে রূপভেদ-দ্বয়ের

একটি এবং নিম্নে অপরটি স্থায়ী হয়, সেই উষ্ণতাংক পরিবর্তাঙ্ক (transition temp.) বলা হয়। সালফারের পরিবর্তাঙ্ক ৯৫·৫°। $S_\alpha \rightleftharpoons S_\beta$।

নমনীয় সালফার (Plastic Sulphur) : সালফারের উপর উত্তাপের ক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। সাধারণ α-সালফার লইয়া উত্তপ্ত করিতে থাকিলে ৯৫·৫° ডিগ্রী উষ্ণতায় উহা β-সালফারে পরিবর্তিত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া ১১৯·৫° ডিগ্রীতে উহা গলিয়া ঈষৎ হলুদ তরল সালফারে পরিণতি লাভ করে। আরও উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহার রং গাঢ় হইতে থাকে। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে তরল সালফারের সান্দ্রতাও বাড়িতে থাকে এবং ১৮০° ডিগ্রীতে একটি গাঢ় কমলা রংয়ের অত্যন্ত সান্দ্র পদার্থ পাওয়া যায়। ২৩০° ডিগ্রীতে এই সান্দ্র পদার্থটি গাঢ়তর হইয়া প্রায় কৃষ্ণবর্ণ ধারণ করে। এই অবস্থায় ইহার সান্দ্রতা এত বেশী থাকে যে পাত্রটি উপুড় করিয়া দিলেও সালফার সহজে গড়াইয়া পড়ে না। আরও অধিক উষ্ণতায় উহার রংয়ের বিশেষ পরিবর্তন হয় না, কিন্তু উহার সান্দ্রতা কমিয়া সচলতা (mobility) বাড়িয়া যায় এবং পরিশেষে উষ্ণতা ৪৪৪° ডিগ্রীতে পৌছাইলে উহা ফুটিতে থাকে এবং লাল রংয়ের সালফার বাষ্প উৎপন্ন করে। অর্থাৎ ইহার স্ফুটনাঙ্ক ৪৪৪° সেণ্টিগ্রেড। ফুটন্ত সালফারকে আবার আস্তে আস্তে শীতল করিতে থাকিলে বিপরীত দিকে এই পরিবর্তনগুলি সম্পন্ন হয়। তরল অবস্থায় উহার ভিতর দুই প্রকারের সালফার অণু থাকে S_λ এবং S_μ। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে উহাদের অণুপাত পরিবর্তিত হয় বলিয়াই তরল সালফারের বিভিন্ন সান্দ্রতা ও রংয়ের বিকাশ দেখা যায়।

ফুটন্ত সালফার বা ২০০° ডিগ্রীর অধিক উত্তপ্ত তরল সালফারকে যদি হঠাৎ ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে রবারের মত নমনীয় একটি সালফারের রূপভেদ পাওয়া যায়। ইহাকে নমনীয় গন্ধক বা প্লাস্টিক-সালফার বলা হয়। কেহ কেহ ইহার নামকরণ করেন, γ-সালফার। ইহাকে টানিয়া সহজেই লম্বা করা যায়। সাধারণ উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে ইহা ধীরে ধীরে α-সালফারে পরিণত হয়। ইহা কার্বন ডাই-সালফাইডে অদ্রবণীয়।

শ্বেত-সালফার : ফুটন্ত সালফার হইতে যে বাষ্প উৎপন্ন হয়, উহা শীতল গ্রাহকের গায়ের সংস্পর্শে আসিয়া ছোট ছোট গুচ্ছ বা স্তবকে জড় হয়। ফুলের মত এই ঘনীভূত সালফারকে 'গন্ধক-স্তবক' বা "গন্ধকরজ" (flowers of

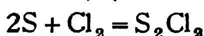
sulphur) বলে। এই স্তবকসমূহ কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত করিতে গেলে উহার একটি অংশ অদ্রবণীয় থাকিয়া যায়। তাহার রং প্রায় সাদা এবং উহা অনিয়তাকার। ইহাকেই শ্বেত সালফার বলে।

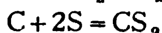
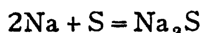
কলয়েড সালফার: α-সালফার কোহলে প্রথমে দ্রবীভূত করিয়া সেই দ্রবণটি যদি অতিরিক্ত পরিমাণ ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া দেওয়া হয় তবে উহাতে সালফার খুব সূক্ষ্ম কণিকার আকারে বাহির হইয়া আসে। জল দুধের মত ঘোলাটে সাদা রং ধারণ করে। এই সালফার যদিও জলে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে না তবুও অধঃক্ষিপ্ত হইয়া নীচে আসিয়া জমে না। কণাগুলি এত ছোট যে উহারা জলেই প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে এবং ফিলটার কাগজের সাহায্যেও উহাদের ছাঁকিয়া লওয়া সম্ভব নয়। ইহাকে কলয়েড সালফার বলে।

২৩-৩। সালফারের ধর্ম: (১) সালফার মৌলটি অ-ধাতু; ইহা তাপ অথবা বিদ্যুৎ-পরিবাহী নয়। ইহা জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু অনেক জৈবদ্রাবকে (CS_2, কোহল ইত্যাদি) ইহা বেশ দ্রবীভূত হয়। বহুরূপতাই এই মৌলটির প্রধান বিশেষত্ব।

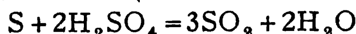
সালফার বাতাসে বা অক্সিজেনে নীলশিখাসহ পুড়িয়া থাকে। ইহাতে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। $S + O_2 = SO_2$

অনেক মৌলের সহিত উত্তপ্ত অবস্থায় সোজাসুজি ইহা সংযুক্ত হয়। ইহাদের ভিতর কার্বন, ফসফরাস, হ্যালোজেন ইত্যাদি বিশেষ উল্লেখযোগ্য।


$$2S + Cl_2 = S_2Cl_2$$

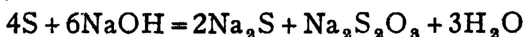
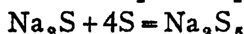
$$Cu + S = CuS$$

$$C + 2S = CS_2$$

$$2Na + S = Na_2S$$

(২) লঘু অ্যাসিড দ্রবণে সালফার আক্রান্ত হয় না বটে, কিন্তু গাঢ় অক্সি-অ্যাসিডের সহিত সালফার ফুটাইয়া লইলে উহা জারিত হইয়া যায়:


$$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$$

$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$

(৩) ক্ষারক দ্রবণের সহিত সালফার-চূর্ণ ফুটাইলে ধাতব সালফাইড ও থায়োসালফেট উৎপন্ন হয়। সালফারের পরিমাণ বেশী থাকিলে পলিসালফাইডও হইয়া থাকে।


$$4S + 6NaOH = 2Na_2S + Na_2S_2O_3 + 3H_2O$$

$$Na_2S + 4S = Na_2S_5$$

চুনের সহিতও এইরূপ বিক্রিয়া সম্পন্ন হয়।

সালফারের ব্যবহার ঃ এই অধাতব মৌলটির ব্যবহার অত্যন্ত বেশী। ইহার প্রধান উপযোগিতা সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে। রবার প্রস্তুতিতেও ইহা যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। চিকিৎসকগণ মলম ও বিভিন্ন ঔষধ-প্রস্তুতিতে সালফার ব্যবহার করেন। বারুদের জন্যও ইহার প্রচুর প্রয়োজন। ইহা ছাড়া, প্রয়োজনীয় বহু সালফার-যৌগ প্রস্তুত করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়, যেমন,

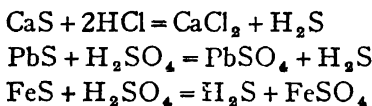
(১) কার্বন ডাই-সালফাইড (জৈবদ্রাবক), (২) সালফাইড রঞ্জক, (৩) ফসফরাস সালফাইড (দীপশলাকার জন্য), (৪) সোডিয়াম থায়োসালফেট (ফটোগ্রাফীর জন্য), (৫) ক্যালসিয়াম বাইসালফাইট (বিরঞ্জক) ইত্যাদি।

কীট-বিনাশক হিসাবেও শস্যক্ষেত্রে কখন কখন সালফার ব্যবহৃত হয়।

২৩-৪। হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন, H_2S ঃ

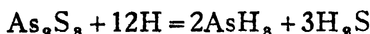
হাইড্রোজেনের সহিত সালফারের দ্বিযৌগিক পদার্থটি গ্যাসীয় এবং ইহাকেই হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বলে। কোন কোন প্রস্রবণের জলে, আগ্নেয়গিরির গ্যাসে, এবং পচনশীল অনেক জৈবপদার্থে এই গ্যাসটি থাকে।

হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুতি ঃ সচরাচর ধাতব সালফাইডের উপর হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার দ্বারা হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হয়। যথা ঃ—



$$CaS + 2HCl = CaCl_2 + H_2S$$
$$PbS + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2S$$
$$FeS + H_2SO_4 = H_2S + FeSO_4$$

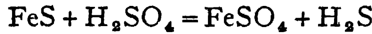
কোন কোন ক্ষেত্রে শুধু অ্যাসিডে হয় না, জায়মান হাইড্রোজেন ($Zn + H_2SO_4$) দ্বারা ধাতব সালফাইড হইতে H_2S উৎপাদন করা হয় ঃ



$$As_2S_3 + 12H = 2AsH_3 + 3H_2S$$

২৩-৫। ল্যাবরেটরী পদ্ধতি ঃ ল্যাবরেটরীতে সর্বদাই ফেরাস সালফাইড ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্বারা হাইড্রোজেন সালফাইড প্রস্তুত করা হয়। একটি উলফ-বোতলে ফেরাস সালফাইড লওয়া হয়। উহার মুখ দুইটিতে একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও নির্গম-নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। প্রথমে কিছু জল ভিতরে দেওয়া হয় যাহাতে দীর্ঘনাল-ফানেলের প্রান্তটি জলে নিমজ্জিত থাকে এবং যন্ত্রটির সব জোড়াগুলি নিশ্ছিদ্র কিনা পরীক্ষা করিয়া লইতে হয়। অতঃপর ফানেলের ভিতর দিয়া কিছু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালা হয়। ফেরাস সালফাইড অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিলেই হাইড্রোজেন

সালফাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইতে থাকে। গ্যাসটি বায়ু অপেক্ষা অনেক ভারী, সুতরাং, বায়ু প্রতিস্থাপিত করিয়া গ্যাসজারে সংগৃহীত করা হয়।

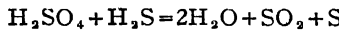


$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$

পারদের উপরে এই গ্যাস সঞ্চয় করা হয় না, কারণ ইহা পারদের সহিত বিক্রিয়া করে।

প্রয়োজনানুরূপ এবং অধিক পরিমাণে এই গ্যাস পাইতে হইলে কিপ-যন্ত্রে হাইড্রোজেনের মত ইহা উৎপাদন করা হয়। কিপ-যন্ত্রের মধ্য-গোলকে ফেরাস-সালফাইড লওয়া হয় এবং উপরে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

ফেরাস-সালফাইড হইতে উৎপন্ন গ্যাস বিশুদ্ধ নহে। প্রায়ই উহার সহিত হাইড্রোজেন গ্যাস মিশ্রিত থাকে ; কারণ, ফেরাস-সালফাইডে কিছু লৌহ মৌলাবস্থায় থাকে। হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসকে জলীয় বাষ্প হইতে মুক্ত করাও একটু কষ্টসাধ্য। গাঢ় H_2SO_4 বা $CaCl_2$ ব্যবহার করা যায় না। কারণ, উহাদের সহিত H_2S গ্যাস নিজেই বিক্রিয়া করে :



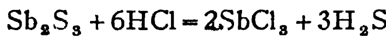
$$H_2SO_4 + H_2S = 2H_2O + SO_2 + S$$



$$CaCl_2 + H_2S \rightleftharpoons CaS + 2HCl$$

অনার্দ্র অ্যালুমিনার (Al_2O_3) সাহায্যে ইহাকে বিশুদ্ধ করা যাইতে পারে।

(২) অ্যান্টিমনি সালফাইডের উপর গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দ্বারা বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন সালফাইড পাওয়া যায়।

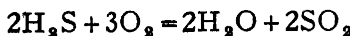


$$Sb_2S_3 + 6HCl = 2SbCl_3 + 3H_2S$$

২৩-৬। হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম :

(১) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন পচা ডিমের মত দুর্গন্ধযুক্ত একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহা বাতাস অপেক্ষা ভারী এবং জলে কিছু দ্রবণীয়। গ্যাসটির বিষক্রিয়া উল্লেখযোগ্য এবং বহুক্ষণ ধরিয়া শ্বাসপ্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলে মারাত্মক হইতে পারে।

হাইড্রোজেন সালফাইড অপর বস্তুর দহন সমর্থন করে না বটে, কিন্তু ইহা নিজে দাহ্য। অক্সিজেনে বা বাতাসে ইহা একটি নীল শিখা সহকারে জ্বলিতে থাকে এবং জল ও সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে :—



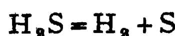
$$2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$$

কিন্তু অক্সিজেনের পরিমাণ কম থাকিলে কেবল সালফারও পাওয়া যাইতে পারে :



$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$$

বিদ্যুৎক্ষরণে বা অতিরিক্ত উত্তাপে গ্যাসটি উহার মৌলদ্বইটিতে বিযোজিত হইয়া যায় :



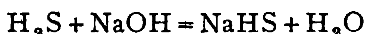
$$H_2S = H_2 + S$$

(২) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করিয়া দেয়। সুতরাং, হাইড্রোজেন সালফাইডকে একটি অম্ল জাতীয় গ্যাস মনে করা হয়। বস্তুতঃ, জলে ইহা হাইড্রোজেন ও সালফাইড আয়নে বিয়োজিত হইয়া থাকে :

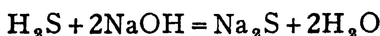


$$H_2S = 2H^+ + S^{--}$$

বিভিন্ন ক্ষারক পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে।



$$H_2S + NaOH = NaHS + H_2O$$

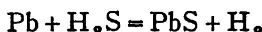


$$H_2S + 2NaOH = Na_2S + 2H_2O$$

অতএব হাইড্রোজেন সালফাইড দ্বিক্ষারী-অম্ল। ইহা অধিকাংশ ধাতুকেই আক্রমণ করিয়া উহাদিগকে ধাতব-সালফাইডে পরিণত করে। সোনা ও প্লাটিনাম অবশ্য আক্রান্ত হয় না।

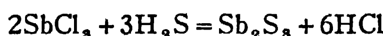


$$2Ag + H_2S = Ag_2S + H_2, \qquad Sn + H_2S = SnS + H_2,$$



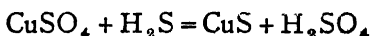
$$Pb + H_2S = PbS + H_2$$

(৩) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন অনেক ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করে এবং ধাতব সালফাইডসমূহ অধঃক্ষিপ্ত করে। এই সকল সালফাইড অনেক ক্ষেত্রেই অদ্রবণীয় এবং উহাদের অনেকের বিশিষ্ট রং থাকে। এই কারণে উহাদের সহজেই চিনিতে পারা যায়।



$$2SbCl_3 + 3H_2S = Sb_2S_3 + 6HCl$$

(নারঙ্গ)



$$CuSO_4 + H_2S = CuS + H_2SO_4$$

(কালো)



$$ZnSO_4 + H_2S = ZnS + H_2SO_4$$

(সাদা)



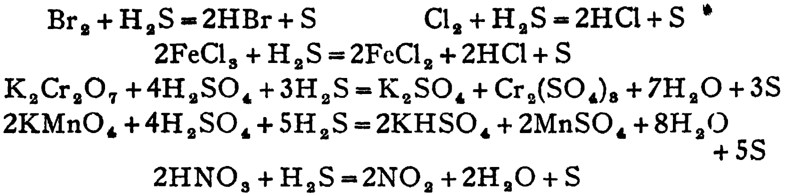
$$Pb(NO_3)_2 + H_2S = PbS + 2HNO_3$$

(কালো)

অজৈব লবণের রাসায়নিক বিশ্লেষণে এই বিক্রিয়াসমূহ বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

(৪) সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনের বিজারণ-ক্রিয়াও বিশেষ উল্লেখযোগ্য। হাইড্রোজেন সালফাইড হইতে সহজে হাইড্রোজেন বিযোজন সম্ভব বলিয়াই ইহা বিজারকের কাজ করিতে পারে। হ্যালোজেন, ফেরিক ক্লোরাইড,

পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও পারম্যাঙ্গানেট ইত্যাদির দ্রবণের ভিতর গ্যাসটি পরিচালিত করিলেই উহারা বিজারিত হইয়া যায় :



$$Br_2 + H_2S = 2HBr + S \qquad Cl_2 + H_2S = 2HCl + S$$

$$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$$

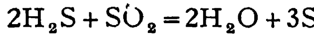
$$K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 3H_2S = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$$

$$2KMnO_4 + 4H_2SO_4 + 5H_2S = 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$$

$$2HNO_3 + H_2S = 2NO_2 + 2H_2O + S$$

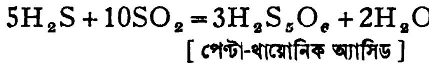
বিজারক H_2S অবশ্য প্রতিক্ষেত্রেই নিজে জারিত হইয়া সালফারে পরিণত হইয়া যায়।

সালফার ডাই-অক্সাইড ও সালফিউরেটেড হাইড্রোজেনও পরস্পরের ভিতর ক্রিয়ার ফলে সালফার উৎপাদন করে। ইহাও একটি জারণ-বিজারণ ক্রিয়া।



$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S$$

কিন্তু শীতল অবস্থায় (০° সেন্টিগ্রেডে) এই দুইটি গ্যাসের জলীয় দ্রবণ মিশ্রিত করিলে বিভিন্ন থায়োনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। এই মিশ্রিত দ্রবণকে "ভ্যাকেনরদার দ্রবণ" (Wackenroder's solution) বলা হয় :—



$$5H_2S + 10SO_2 = 3H_2S_5O_6 + 2H_2O$$

[পেণ্টা-থায়োনিক অ্যাসিড]

২৩-৭। হাইড্রোজেন সালফাইড ও ধাতব সালফাইডের পরীক্ষা :

(১) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসটি উহার গন্ধ হইতেই অতি সহজে চেনা যায়। অথবা গ্যাসটিকে লেড অ্যাসিটেট দ্রবণে সিক্ত একটি কাগজের সংস্পর্শে আনিলেই কাগজটি কালো হইয়া যায়। ইহা হাইড্রোজেন সালফাইডের একটি নিশ্চিত পরীক্ষা। লেড সালফাইড উৎপন্ন হওয়ার জন্যই কাগজটি কালো হয়। $PbAc_2 + H_2S = PbS + 2HAc$

(২) হাইড্রোজেন সালফাইড গ্যাসটি কস্টিকসোডার লঘু দ্রবণে শোষণ করিয়া উহাতে একটু সোডিয়াম নাইট্রো-প্রুসাইড দ্রবণ মিশাইলে সুন্দর বেগনী রংয়ের সৃষ্টি হয়।

(৩) ধাতব সালফাইড পরীক্ষা করিতে হইলে উহাকে সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিয়া প্রথমে H_2S উৎপন্ন করা হয় এবং তৎপর এই উৎপন্ন H_2S-এর পরীক্ষা করা হয়। $ZnS + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2S$। কখনও কখনও এই H_2S উৎপন্ন করিতে জায়মান-হাইড্রোজেনের প্রয়োজন হয়।

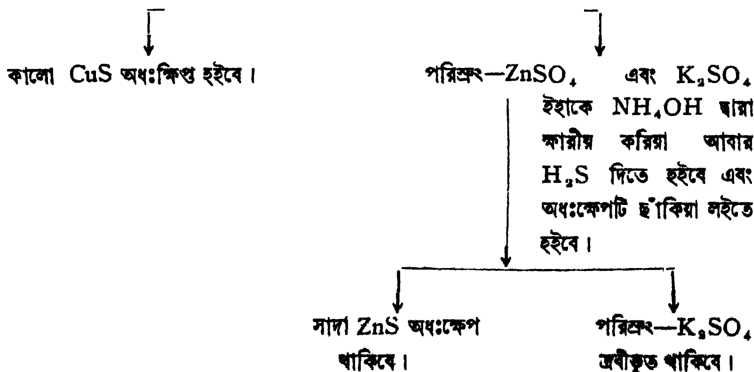
২৩-৮। হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার : কোন কোন ক্ষেত্রে বিজারক রূপে হাইড্রোজেন সালফাইড ব্যবহৃত হয় বটে, কিন্তু অজৈবপদার্থের রাসায়নিক বিশ্লেষণেই উহার প্রয়োগ সর্বাধিক এবং বিশেষ

দেখা গিয়াছে, ধাতব সালফাইডগুলি তিন রকমের। উহাদের কতকগুলি

যেমন HgS, CuS, SnS ইত্যাদি অ্যাসিডে অদ্রাব্য। পরন্তু অপর কতকগুলি যেমন ZnS, MnS প্রভৃতি অ্যাসিডে দ্রবণীয়, কিন্তু ক্ষারে অদ্রবণীয়। আবার CaS, Na_2S ইত্যাদি জলেই দ্রবীভূত হয়, অ্যাসিড ও ক্ষারে ত' হইবেই।

সুতরাং যদি কতকগুলি অজৈব লবণ একত্র মিশ্রিত থাকে, তবে উহার জলীয় দ্রবণে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন পরিচালিত করিয়া উহাদিগকে উক্ত তিনটি পর্যায়ে বিভক্ত করা সম্ভব। একটি উদাহরণ হইতেই ইহা সম্যক বুঝা যাইবে। মনে কর, একটি মিশ্রণে $ZnSO_4$, $CuSO_4$ এবং K_2SO_4 আছে। প্রথমে উহাকে জলে দ্রবীভূত করিয়া একটু HCl দিয়া অম্লীকৃত করা হয় এবং এই আম্লিক দ্রবণে H_2S গ্যাস চালনা করা হয়। ইহাতে মিশ্রণ হইতে শুধু কালো CuS (কপার সালফাইড) সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হইবে, অপর দুইটি ধাতব লবণের পরিবর্তন হইবে না। CuS ছাঁকিয়া লইয়া পরিস্রুৎটির সহিত অ্যামোনিয়া মিশ্রিত করিয়া উহার অম্লত্ব দূর করিয়া ক্ষারীয় করা হয়। ইহাতে পুনরায় H_2S গ্যাস পরিচালনা করা হয়। এখন মিশ্রণ হইতে সাদা ZnS অধঃক্ষিপ্ত হইবে, কিন্তু পটাসিয়াম লবণের কিছু হইবে না; উহা দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিবে। ZnS ছাঁকিয়া মিশ্রণ হইতে সরাইয়া লওয়া যাইতে পারে। পরিস্রুতের ভিতর পটাসিয়াম লবণ থাকিয়া যাইবে। এই ভাবে তিনটি ধাতব লবণ পৃথক করা গেল। বিশ্লেষণটি এইভাবে লেখা যাইতে পারে।

মিশ্রণ : $ZnSO_4$,$CuSO_4$,K_2SO_4



অতএব H_2S সাহায্যে ধাতব লবণগুলিকে তিনটি বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা এবং উহাদের পৃথক্ করা সম্ভব। অনেক সময় বিশিষ্ট রংয়ের জন্য, যেমন সাদা ZnS, পীত As_2S_3 প্রভৃতি, ধাতব সালফাইডের স্বরূপ নির্ণয় সম্ভব। বস্তুতঃ, অজৈব লবণের রাসায়নিক পরীক্ষা ও বিশ্লেষণে H_2S গ্যাস অপরিহার্য।

সালফারের অক্সাইড ও অক্সি-অ্যাসিড

সালফারের বিভিন্ন অক্সাইডের ভিতর সালফার ডাই-অক্সাইড এবং সালফার ট্রাই-অক্সাইড বহুল ব্যবহৃত এবং বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

২৩-৯। সালফার ডাই-অক্সাইড, SO_2 ও সালফিউরাস অ্যাসিড, H_2SO_3

আগ্নেয়গিরির গ্যাসে সালফার ডাই-অক্সাইড থাকে। কয়লা পোড়ানোর ফলে যে গ্যাস হয় তাহাতেও কিছু কিছু সালফার ডাই-অক্সাইড থাকে।

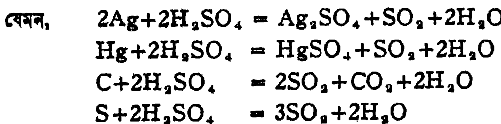
প্রস্তুতি ঃ (১) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি ঃ** একটি গোল কূপীতে খানিকটা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ও কপারের ছিলা লওয়া হয়। কূপীর মুখটি কর্ক বন্ধ করিয়া উহাতে একটি দীর্ঘনাল-ফানেল ও একটি নির্গম-নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। দীর্ঘনাল-ফানেলের সরু প্রান্তটি অ্যাসিডে নিমজ্জিত রাখিতে হইবে। নির্গম-নলটি একটি গাঢ়-সালফিউরিক অ্যাসিড-পূর্ণ গ্যাস-ধাবকের সহিত যুক্ত থাকে। অতঃপর তারজালির উপর গোল কূপীটি তাপিত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ফুটন্ত অবস্থায় কপার দ্বারা বিজারিত হয় এবং সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। কপার সালফেট উপজাত হয়। গ্যাসটি অত্যন্ত ভারী, সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির করিয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে ধৌত করিয়া সহজেই বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে সঞ্চয় করা হয় (চিত্র ২৩গ)।



$$Cu+2H_2SO_4 = CuSO_4+SO_2+2H_2O$$

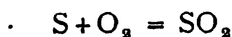
অনুরূপ অবস্থায় কপারের পরিবর্তে অন্যান্য ধাতু বা অধাতুর দ্বারা উক্ত সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারণ করিয়া SO_2 গ্যাস পাওয়া সম্ভব।

যেমন,



$$2Ag+2H_2SO_4 = Ag_2SO_4+SO_2+2H_2O$$
$$Hg+2H_2SO_4 = HgSO_4+SO_2+2H_2O$$
$$C+2H_2SO_4 = 2SO_2+CO_2+2H_2O$$
$$S+2H_2SO_4 = 3SO_2+2H_2O$$

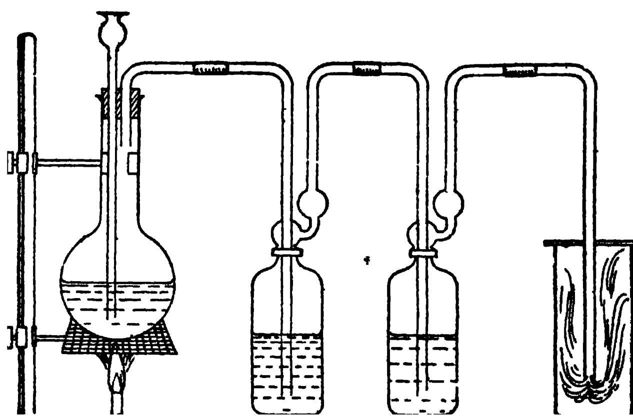
(২) অধিক পরিমাণে সালফার ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন হইলে সালফ পোড়াইয়া অথবা আয়রন-পাইরাইটিস্ খনিজের তাপজারণ দ্বারা প্রস্তুত করা হ



$$S + O_2 = SO_2$$



$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$



চিত্র ২৩গ—SO_2-গ্যাস প্রস্তুতি

২৩·১০। সালফার ডাই-অক্সাইডের ধর্ম : (১) সালফা ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার একটি তীব্র ঝাঁঝালো শ্বাস নিরোধী গন্ধ আছে। বাতাস অপেক্ষা ইহা অনেক বেশী ভারী (ঘনত্ব = ৩২)

(২) সালফার ডাই-অক্সাইড নিজে দাহ্য নয় এবং অপরের দহনেও সহায়ত করে না ; তবে জ্বলন্ত পটাসিয়াম বা লৌহচূর উহাতে জ্বলিতে থাকে :



$$4K + 3SO_2 = K_2SO_3 + K_2S_2O_3$$



$$3Fe + SO_2 = 2FeO + FeS$$

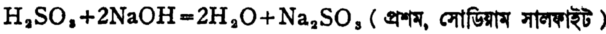
(৩) সালফার ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করে অর্থাৎ এই অক্সাইডটি অম্লজাতীয়। বস্তুতঃ এই জলীয় দ্রবণটিই **সালফিউরা অ্যাসিড-দ্রবণ**। অবশ্য বিশুদ্ধ অবস্থায় সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ন যদিও উহার লবণগুলি সবই বিশুদ্ধ অবস্থায় এবং কঠিন স্ফটিকাকারে পাওয় সম্ভব। সালফিউরাস অ্যাসিড শুধু দ্রব অবস্থাতেই পরিচিত।



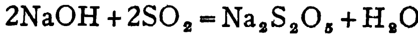
$$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

সালফিউরাস অ্যাসিড দ্বিক্ষারী-অম্ল।

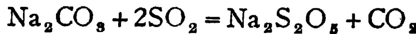

$H_2SO_3 + NaOH = H_2O + NaHSO_3$ (অম্লজাতীয়, সোডিয়াম বাই-সালফাইট)


$H_2SO_3 + 2NaOH = 2H_2O + Na_2SO_3$ (প্রশম, সোডিয়াম সালফাইট)

সাধারণ উষ্ণতায় কস্টিক সোডার দ্রবণের ভিতর অতিরিক্ত পরিমাণ SO_2 গ্যাস পরিচালিত করিলে সোডিয়াম মেটা-বাই-সালফাইট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

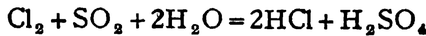

$$2NaOH + 2SO_2 = Na_2S_2O_5 + H_2O$$

কঠিন সোডিয়াম কার্বনেটও সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উক্ত মেটা-বাই-সালফাইট উৎপন্ন করে।

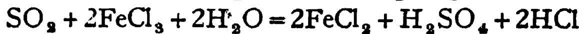

$$Na_2CO_3 + 2SO_2 = Na_2S_2O_5 + CO_2$$

(৪) সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$

বস্তুতঃ, এই অক্সিজেন-গ্রহণ-ক্ষমতার জন্যই সালফার ডাই-অক্সাইড বিজারণ-গুণসম্পন্ন হইয়াছে। হ্যালোজেন, ফেরিক ক্লোরাইড, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট প্রভৃতি বহু বস্তুকে ইহা সহজেই বিজারিত করে।

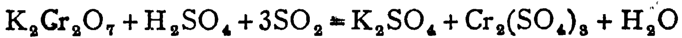

$$Cl_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HCl + H_2SO_4$$

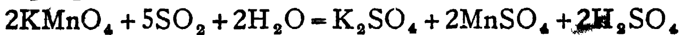

$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HI + H_2SO_4$$


$$SO_2 + 2FeCl_3 + 2H_2O = 2FeCl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$$


$$H_2O_2 + SO_2 = SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

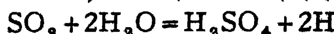
সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস দিলে লাল পটাস পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ বর্ণহীন এবং পীত পটাস ডাই-ক্রোমেট দ্রবণ সবুজ হইয়া থাকে। উভয়েই বিজারিত হইয়া যায় :—


$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3SO_2 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$$


$$2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$$

এই সকল বিজারণের ফলে SO_2 সর্বদাই সালফিউরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হইয়া থাকে।

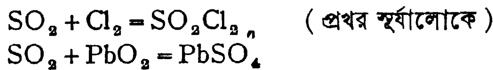
অনেক জৈবজাতীয় রঙীন পদার্থকেও সালফার ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জিত করিয়া থাকে। সেই জন্য সালফার ডাই-অক্সাইড বা সালফিউরাস অ্যাসিড বিরঞ্জক হিসাবে যথেষ্ট ব্যবহৃত হয়। এই বিরঞ্জন-ক্রিয়া জল ব্যতিরেকে হইতে পারে না। খুব সম্ভবতঃ SO_2 প্রথমে জলের সহিত ক্রিয়ার ফলে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে, এবং এই জায়মান হাইড্রোজেনই প্রকৃত বিরঞ্জক।


$$SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2H$$

অর্থাৎ বিজারণ-গুণের জন্যই সালফার ডাই-অক্সাইড বিরঞ্জন-ক্রিয়া করিতে সমর্থ হয়। কয়েকটি রঙীন ফুলের পাপড়ি সিক্ত অবস্থায় সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে রাখিয়া দিলে কয়েক মিনিটেই উহা সাদা হইয়া যায়। ক্লোরিন বা বিরঞ্জক-চূর্ণ সিল্ক, উল প্রভৃতির পক্ষে ক্ষতিকর। সুতরাং, সালফার ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে উহাদিগকে পবিষ্কৃত করা হয়।

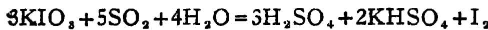
(৫) কোন কোন ক্ষেত্রে আবার সালফার ডাই-অক্সাইড জারক হিসাবেও ক্রিয়া করে। যেমন:— $2H_2S + SO_2 = 3S + 2H_2O$

(৬) সালফার ডাই-অক্সাইডের যুত-যৌগিক তৈয়ারী করারও যথেষ্ট ক্ষমতা পরিলক্ষিত হয়। বিভিন্ন মৌল ও যৌগের সহিত উহা যুক্ত হইতে পারে:—



$$SO_2 + Cl_2 = SO_2Cl_2 \quad \text{(প্রখর সূর্যালোকে)}$$
$$SO_2 + PbO_2 = PbSO_4$$

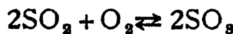
২৩-১১। সালফার ডাই-অক্সাইডের পরীক্ষা ও ব্যবহার: এই গ্যাসটি উহার তীব্র ঝাঁঝালো গন্ধ হইতেই বুঝা যায়। পটাসিয়াম ডাই-ক্রোমেট সিক্ত কাগজ উহার সংস্পর্শে আসিলেই সবুজ হইয়া যায়। এই পরীক্ষাটিই সর্বদা ল্যাবরেটরীতে প্রয়োগ করা হয়। পটাসিয়াম আয়োডেট ও স্টার্চ-এর মিশ্রিত দ্রবণ এই গ্যাসে নীল হইয়া যায়।



$$3KIO_3 + 5SO_2 + 4H_2O = 3H_2SO_4 + 2KHSO_4 + I_2$$

সালফার ডাই-অক্সাইডের বিবিধ ব্যবহার প্রচলিত। সাধারণ বিরঞ্জক হিসাবে ইহার প্রয়োগ আছে। চিনি উৎপাদনেও ইহা বিরঞ্জক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। রোগ-জীবাণুনাশক বলিয়া ইহা বীজঘ্ন (disinfectant) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। মাংস প্রভৃতির পচন ও ছাতা-পড়া নিবারণ করার জন্যও ইহা ব্যবহার হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফাইট প্রস্তুতিতেই সালফার ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার সর্বাধিক। ক্লোরিন যে সকল ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়, সেখানে অতিরিক্ত ক্লোরিন দূরীভূত করিতেও সালফার ডাই-অক্সাইডের প্রয়োজন হয়।

২৩-১২। সালফার ট্রাই-অক্সাইড, SO_3। প্রস্তুতি: (১) সাধারণতঃ সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের সাক্ষাৎ সংযোগ হইতেই সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়।



$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$$

কিন্তু এই মিলনটি এত ধীরে ধীরে ঘটে যে কোন প্রভাবক ব্যতিরেকে ইহা সম্পন্ন করা সম্ভব নয়। সাধারণতঃ প্লাটিনাম অথবা প্লাটিনাম-যুক্ত অ্যাসবেসটোস্ প্রভাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। বিশুষ্ক অবস্থায় এই দুইটি গ্যাসের মিশ্রণ একটি নলের ভিতর তাপিত প্লাটিনামের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে উহারা সালফার-ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

২৩-১৩। সালফার ট্রাই-অক্সাইডের ধর্ম : সাধারণ উষ্ণতায় সালফার ট্রাই-অক্সাইড কঠিন স্ফটিকাকারে থাকে। সালফার ট্রাই-অক্সাইডের জলের প্রতি আসক্তি অত্যন্ত বেশী, জলের সহিত মিলিয়া উহা সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।



$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

আর্দ্র বাতাসে সালফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাস ছাড়িয়া দিলে একটি অত্যন্ত ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়। বস্তুতঃ, এই ধোঁয়াটি খুব ছোট ছোট সালফিউরিক অ্যাসিড-কণার সমষ্টি।

সালফার ট্রাই-অক্সাইড গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিড বা ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে :



$$H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$$

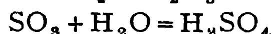
২৩-১৪। সালফিউরিক অ্যাসিড, H_2SO_4 : সালফিউরিক অ্যাসিডের বিভিন্ন ধাতব লবণ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, কিন্তু অ্যাসিড অবস্থায় উহা প্রকৃতিতে সাধারণতঃ দেখা যায় না।

$CaSO_4, 2H_2O$; $MgSO_4, H_2O$ প্রভৃতি খনিজ অবশ্য প্রচুর পাওয়া যায়।

প্রস্তুতি : হীরাকস [ফেরাস সালফেট] উত্তপ্ত করিয়া যে গ্যাস পাওয়া যায় মধ্যযুগীয় য়্যালকেমীবিদ্‌গণ তাহা হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতেন। উহাকে তখন 'অয়েল অব্ ভিট্রিয়ল' (oil of vitriol) বলা হইত।



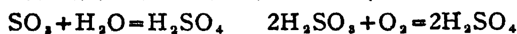
$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3 \ ;$$



$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

অষ্টাদশ শতাব্দীতে সালফার পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড করিয়া উহা হইতে সালফিউরিক অ্যাসিড তৈয়ারী করার প্রণালী ধীরে ধীরে প্রবর্তিত হয়।

ল্যাবরেটরীতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত করিলেই সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যাইতে পারে। অথবা সালফিউরাস অ্যাসিডকে বাতাস, ক্লোরিন, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতির দ্বারা ধীরে ধীরে জারিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত করা যাইতে পারে।



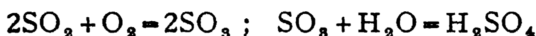
$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4 \qquad 2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$



$$H_2SO_3 + H_2O + Cl_2 = H_2SO_4 + 2HCl$$

কিন্তু এই সব পদ্ধতির বিশেষ কোন ব্যবহারিক মূল্য নাই। কারণ সালফিউরিক অ্যাসিডের চাহিদা এত বেশী এবং বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে উহার প্রয়োজন এত অধিক যে সর্বদা উহা প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত করা হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিড শিল্প: সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা জারিত করিলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। সালফার ট্রাই-অক্সাইড জলের সহিত মিলিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। সালফিউরিক অ্যাসিড এই রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাহায্যেই প্রস্তুত হয়।



$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3 \ ; \quad SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

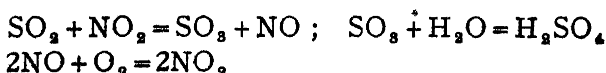
সাধারণ অবস্থায় এইভাবে সালফার ডাই-অক্সাইড খুব ধীরে ধীরে জারিত হয় এবং যথেষ্ট পরিমাণ সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাইতে দীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন হয়। বিক্রিয়াসমূহ যদি দ্রুত নিষ্পন্ন না করা যায়, তাহা হইলে শিল্পপদ্ধতিতে উহাদের কোন গুরুত্ব থাকে না। সুতরাং সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ-ক্রিয়াটি সত্বর সম্পন্ন করার জন্য প্রভাবক ব্যবহার করা ছাড়া গত্যন্তর নাই।

বেশী পরিমাণে এই অ্যাসিড প্রস্তুত করার দুইটি প্রণালী আছে। (১) প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (lead chamber process) (২) স্পর্শ পদ্ধতি (contact process), এই দুই প্রণালীর প্রকরণ-ব্যবস্থা ও যান্ত্রিক সরঞ্জাম সম্পূর্ণ ভিন্ন রকমের।

২৩-১৫। প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি—এই পদ্ধতিতে সর্বদাই নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস প্রভাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের উপস্থিতিতে, সাধারণ চাপে এবং এমন কি, সাধারণ উষ্ণতাতে সালফার ডাই-অক্সাইড খুব সহজে সম্পূর্ণরূপে জারিত হইয়া থাকে।

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড বিক্রিয়াটিকে কি ভাবে প্রভাবিত করে সে বিষয়ে বহুরকম মতবাদ আছে।

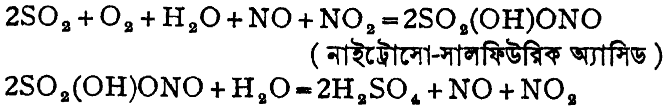
(১) সাধারণতঃ মনে করা যাইতে পারে যে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড সালফার ডাই-অক্সাইডকে জারিত করে এবং স্বয়ং বিজারিত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়। পরে অক্সিজেনের সহিত নাইট্রিক অক্সাইড যুক্ত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO \ ; \quad SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

(২) আবার কেহ কেহ মনে করেন, নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এবং উহা বিজারণে যে নাইট্রিক-অক্সাইড হয়, উভয়েই প্রভাবকের কাজ করে। প্রভাবক

প্রথমে বিক্রিয়কের সহিত যুক্ত হইয়া নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে। উহা জলের সংস্পর্শে আসিলে বিশ্লেষিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণতি লাভ করে।



$$2SO_2 + O_2 + H_2O + NO + NO_2 = 2SO_2(OH)ONO$$

(নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড)

$$2SO_2(OH)ONO + H_2O = 2H_2SO_4 + NO + NO_2$$

আভ্যন্তরিক বিক্রিয়ার স্বরূপ যাহাই হউক, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হওয়ার পর, প্রভাবক সম্পূর্ণ পরিমাণেই আবার পূর্বাবস্থায় পাওয়া যায় এবং উহাকে পুনঃ পুনঃ একই কাজে ব্যবহার করা সম্ভব।

অতএব, প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির সাহায্যে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে সালফার ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন (বায়ু), জল এবং প্রভাবক হিসাবে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড এই চারিটি বস্তুর প্রয়োজন। বাতাস এবং জলের প্রশ্ন অবশ্য উঠে না, কিন্তু সালফার ডাই-অক্সাইড ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড তৈয়ারী করিয়া লইতে হয়।

প্রক্রিয়ার বিবরণঃ আপাতদৃষ্টিতে বিক্রিয়াটি সহজ মনে হইলেও ইহার জন্য বিরাট যান্ত্রিক ব্যবস্থার প্রয়োজন হয়। এই যান্ত্রিক-সরঞ্জামের প্রধানতঃ তিনটি বিভিন্ন অংশ আছে এবং উহাদের প্রয়োজন ও কার্যক্রমও বিভিন্ন।

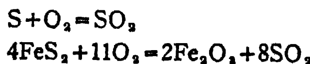
(১) সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতির ব্যবস্থা।

(২) সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণ ও অ্যাসিডে পরিণত করার ব্যবস্থা।
[গ্লভার স্তম্ভ ও সীসক প্রকোষ্ঠ]

(৩) প্রভাবক পুনরুদ্ধারের ব্যবস্থা। [গে-লুসাক স্তম্ভ]

এই বিক্রিয়াগুলি অত্যন্ত বড় বড় প্রকোষ্ঠে নিষ্পন্ন করা হয়। প্রকোষ্ঠগুলি এবং অধিকাংশ নল ইত্যাদি সীসার তৈয়ারী, কারণ সীসা সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা সহজে আক্রান্ত হয় না। সীসক প্রকোষ্ঠে ইহা প্রস্তুত হয় বলিয়া 'প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি' নামটির প্রচলন হইয়াছে।

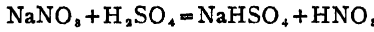
সালফার ডাই-অক্সাইডঃ আয়রন পাইরাইটস খনিজ অথবা সালফার বাতাসে পোড়াইয়া সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয় :—



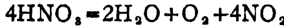
$$S + O_2 = SO_2$$

$$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$$

নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড ঃ সোডিয়াম নাইট্রেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড তাপিত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। উত্তাপে এই নাইট্রিক অ্যাসিড ভাঙিয়া যায় এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়। অবশ্য, সালফার ডাই-অক্সাইড দ্বারা বিজারিত হওয়ার ফলেও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।



$$NaNO_3+H_2SO_4=NaHSO_4+HNO_3$$



$$4HNO_3=2H_2O+O_2+4NO_2$$



$$SO_2+2HNO_3=SO_3+H_2O+2NO_2$$

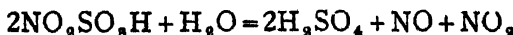
বর্তমানে কোন কোন প্রতিষ্ঠানে অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া যে নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায় তাহাই ব্যবহৃত হয়।

সালফার ডাই-অক্সাইড, বায়ু ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডের একটি মিশ্রণ ছোট খালি স্তম্ভের ভিতর দিয়া প্রথমে প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে গ্যাসে যদি কোন ধূলিকণা থাকে তাহা থিতাইয়া যায় এবং গ্যাসটি বিশুদ্ধতর হয় এবং উহার উষ্ণতাও কিছুটা হ্রাস পায়। ইহার পর গ্যাসটি একটি নলের ভিতর দিয়া একটি উঁচু সীসার তৈয়ারী স্তম্ভের নীচের দিকে প্রবেশ করে। ইহাকেই "গ্লভার স্তম্ভ" (Glover's tower) বলে।

"গ্লভার স্তম্ভ" ঃ স্তম্ভটির ভিতরের অধিকাংশই ফ্লিণ্ট কাচ বা স্ফটিকের টুকরাতে (Quartz) ভরিয়া রাখা হয়। গ্যাস-মিশ্রণটি স্তম্ভের তলদেশে প্রবেশ করিয়া উপরের দিকে উঠিতে থাকে। স্তম্ভটির উপরে দুইটি ট্যাঙ্ক থাকে। একটি ট্যাঙ্ক হইতে নাতিগাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (৬৫%) এবং অপর ট্যাঙ্কটি হইতে নাইট্রোসিল-সালফিউরিক অ্যাসিড (NO_2HSO_3) স্তম্ভের ভিতরে উপর হইতে প্রবাহিত করা হয়।' স্তম্ভের ভিতর নিম্নগামী শীতল অ্যাসিড দুইটি ঊর্ধ্বগামী উষ্ণতর গ্যাস-মিশ্রণের সংস্পর্শে আসিতে বাধ্য হয়। কাচ বা স্ফটিকের টুকরাগুলি উহাদের ঘনিষ্ঠ মিশ্রণের সুবিধা করে মাত্র। ইহাতে কয়েকটি পরিবর্তন সাধিত হয়।

(১) প্রভাবকের সাহায্যে খানিকটা SO_2 গ্যাস এই স্তম্ভের ভিতরেই জারিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

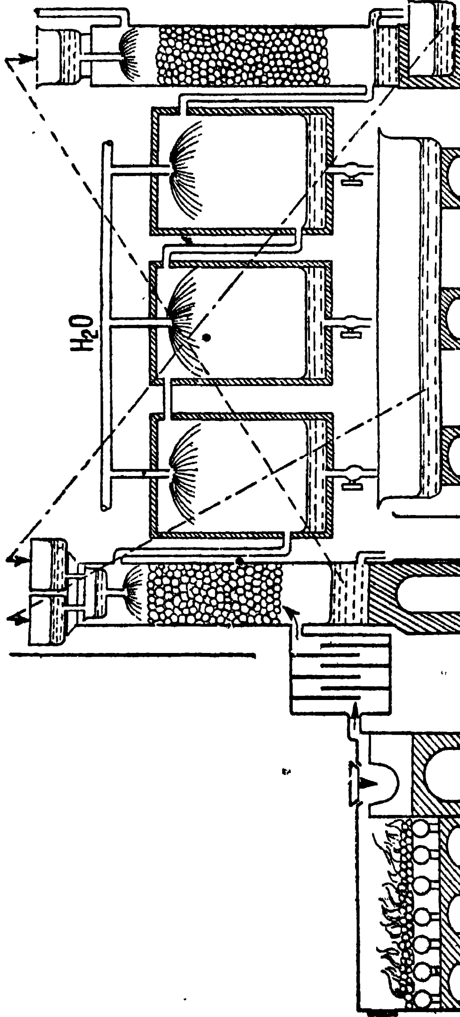
(২) নাইট্রোসিল সালফিউরিক অ্যাসিড আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভাবকটি পুনরুৎপাদন করিয়া দেয়। সঙ্গে সঙ্গে উহা নিজে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$2NO_2SO_3H+H_2O=2H_2SO_4+NO+NO_2$$

(৩) অপেক্ষাকৃত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (৬৫%) তাপিত হওয়ায় উহার

জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং স্তম্ভের নীচে সীসার ট্যাঙ্কে গাঢ়তর সালফিউরিক অ্যাসিড (৭৮%) সঞ্চিত হয়।



চিত্র ২০৮

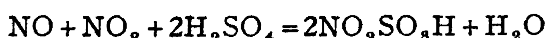
গ্লভার স্তম্ভ হইতে মিশ্রণটি অতঃপর সীসক নির্মিত কয়েকটি বিরাট প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে।

সীসক-প্রকোষ্ঠ ঃ উপর হইতে শীতল জলের ঝর্ণার ধারা এই প্রকোষ্ঠের ভিতর সর্বদা দেওয়া হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলির ভিতরে বাকী সমস্ত SO_2 গ্যাস জারিত হয় এবং পরে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। প্রকোষ্ঠগুলির নীচে এই অ্যাসিড জমা হয় এবং প্রয়োজন অনুসারে বাহির করিয়া লওয়া হয়। ইহাতে শতকরা ৬৫ ভাগ অ্যাসিড থাকে (ঘনত্ব ১'৫৫)।

প্রকৃতপক্ষে প্রকোষ্ঠে উৎপন্ন সমস্ত অ্যাসিডই গ্লভার স্তম্ভের উপর হইতে উহার মধ্য দিয়া প্রবাহিত করান হয়, যাহাতে অ্যাসিডটি গাঢ়তর হইয়া ৭৮% হয়।

শেষ প্রকোষ্ঠ হইতে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে, তাহাতে স্বল্প পরিমাণ অপরিবর্তিত SO_2 গ্যাস, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, ও নাইট্রোজেন অক্সাইড প্রভাবক ইত্যাদি থাকে। এই গ্যাস-মিশ্রণটিকে অতঃপর আর একটি স্তম্ভের ভিতরে পাঠাইয়া দেওয়া হয়। ইহার নাম "গে-লুসাক" স্তম্ভ।

"গে-লুসাক স্তম্ভ" ঃ স্তম্ভটি কোক ও অম্লসহ ইষ্টকে ভরিয়া রাখা হয়। স্তম্ভের উপরে একটি ট্যাঙ্কে গ্লভার স্তম্ভ হইতে যে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড (৭৮%) পাওয়া যায়, তাহার কিয়দংশ রাখা হয়। এই অ্যাসিড স্তম্ভের ভিতর দিয়া ধীরে ধীরে নীচে প্রবাহিত করা হয়। ঊর্ধ্বগামী গ্যাসের সংস্পর্শে থাকিলে এই গাঢ় অ্যাসিড উহার নাইট্রোজেন অক্সাইডসমূহ শোষণ করিয়া লয় এবং নাইট্রোসিল-সালফিউরিক অ্যাসিড বা নাইট্রো-সালফনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$NO + NO_2 + 2H_2SO_4 = 2NO_2SO_3H + H_2O$$

স্তম্ভের নীচে একটি ট্যাঙ্কে এই নাইট্রোসিল-সালফিউরিক অ্যাসিড সঞ্চিত হয় এবং পাম্পের সাহায্যে উহাকে গ্লভার স্তম্ভের উপরে পাঠাইয়া দেওয়া হয়। গ্লভার স্তম্ভে এই অ্যাসিড হইতে নাইট্রোজেন অক্সাইডগুলিকে পুনরায় উৎপন্ন করা হয়। অতএব, গে-লুসাক স্তম্ভটি বিশেষ করিয়া মূল্যবান প্রভাবকটির অপচয় বন্ধ করার জন্যই প্রয়োজন।

এই প্রণালীতে প্রস্তুত সমস্ত অ্যাসিড শেষ পর্যন্ত গ্লভার স্তম্ভের নীচেই জমা হয়। এখান হইতে অ্যাসিড বিভিন্ন প্রয়োজনে চালান দেওয়া হয়, অল্প একটু অংশ কেবল গে-লুসাক স্তম্ভের প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়।

সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ীকরণ ঃ প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতিতে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহার সর্বাধিক গাঢ়ত্ব শতকরা ৭৮ ভাগ। সুপার-ফসফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট ইত্যাদি

তৈয়ারী করিতে এই অ্যাসিডই উপযুক্ত। কিন্তু অন্যান্য রাসায়নিক শিল্পে অধিকতর গাঢ় অ্যাসিডের প্রয়োজন হয়। এই অ্যাসিড অপেক্ষাকৃত অনুদ্বায়ী, সুতরাং গ্যাস-চুল্লীতে তাপিত করিয়া উহার জল উড়াইয়া দিয়া অ্যাসিডকে ৯৮% গাঢ় করা হয়।

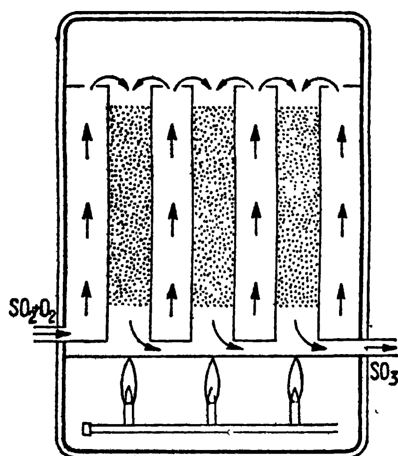
২৩-১৬। "স্পর্শ-পদ্ধতি": এই প্রণালীতে সর্বদাই কোন কঠিন প্রভাবক ব্যবহৃত হয়। সূক্ষ্ম প্লাটিনাম-চূর্ণ অথবা কোন কোন বিশেষ ধাতব অক্সাইড উৎকৃষ্ট প্রভাবকের কাজ করে। উপযুক্ত উষ্ণতায় সালফার ডাই-অক্সাইড ও বাতাসের মিশ্রণ যদি এই সকল কঠিন প্রভাবকের সংস্পর্শে আসে তাহা হইলে অতি সহজেই সালফার ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে জারিত হইয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। প্রভাবক কঠিন অবস্থায় থাকে বলিয়া উহার জন্য স্বল্পায়তন স্থানের প্রয়োজন হয়, বড় বড় প্রকোষ্ঠের দরকার হয় না। এই পদ্ধতিতে প্রভাবকের মূল্য অধিক এবং কোনমতেই উহাকে নষ্ট হইতে দেওয়া চলে না। কিন্তু গ্যাস-মিশ্রণের সহিত যদি আর্সেনিক অক্সাইড বা হাইড্রোজেন সালফাইড প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে তবে উহাদের প্রভাবন-ক্ষমতা নষ্ট হইয়া যায়। এই কারণে যে গ্যাস-মিশ্রণটি প্রভাবকের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়, উহাকে পূর্বেই সতর্কতার সহিত বিশুদ্ধ করিয়া লওয়া হয়।

এই পদ্ধতিতে প্রভাবকের উষ্ণতার প্রতিও লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন। $2SO_2+O_2=2SO_3+$ ৪৫২০০ ক্যালোরি। এই জারণক্রিয়াটি তাপ-উদ্গারী। তাপ-উদ্গারী বিক্রিয়াসমূহ উষ্ণতা যত কম হয় তত বেশী পরিমাণে সম্পাদিত হয়। এই রীতি অনুসারে কম উষ্ণতায় বেশী সালফার ট্রাই-অক্সাইড পাওয়া সম্ভব। কিন্তু পরিমাণে অধিক হইলেও কম উষ্ণতায় পরিবর্তনটি সম্পন্ন হইতে অতি দীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন হয়। সুতরাং, উহার গুরুত্ব খুবই কমিয়া যায়। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে পরিমাণে কম হইলেও বিক্রিয়াটি অতি দ্রুত সম্পন্ন হয়। পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে প্লাটিনাম চূর্ণ প্রভাবকের উষ্ণতা যদি ৪৪০° সেন্টিগ্রেডে রাখা যায়, তবে আশানুরূপ দ্রুত এবং শতকরা প্রায় ৯৮ ভাগ SO_3 পাওয়া যায়। অতএব, সর্বদা প্রভাবক এবং বিক্রিয়ক গ্যাস-মিশ্রণটি ৪০০-৪৫০° ডিগ্রী উষ্ণতায় রাখার চেষ্টা করা হয়।

প্রক্রিয়ার বিবরণ: স্পর্শ-পদ্ধতিতে সব সময়েই অতিরিক্ত বায়ু-প্রবাহে সালফার পোড়াইয়া বিশুদ্ধতর সালফার ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়। চুল্লী হইতে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে তাহাতে মোটামুটি ৭% SO_2, ১০% O_2 এবং ৮৩% N_2 থাকে। এই গ্যাস মিশ্রণটি হইতে প্রথমে ধূলিকণাগুলি সরাইয়া লওয়া হয় এবং উহাকে যথাসম্ভব ঠাণ্ডা করা হয়। পরে গ্যাস মিশ্রণটিকে জলের ধারায় এবং গাঢ় H_2SO_4 অ্যাসিডে ধৌত করিয়া বিশুদ্ধ

করিয়া লওয়া হয়। এই সময় ইহার উষ্ণতা খুব কমিয়া যায়। কিন্তু প্রভাবকের সংস্পর্শে জারণ-ক্রিয়ার জন্য ৪৪০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা দরকার। অতএব এই গ্যাসটিকে আবার তাপিত করা প্রয়োজন। বিক্রিয়া-উদ্ভূত তাপেই ইহাকে উষ্ণতর করা হয়। এই তাপিত বিশুদ্ধ SO_2 এবং বাতাসের মিশ্রণটি অতঃপর বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে।

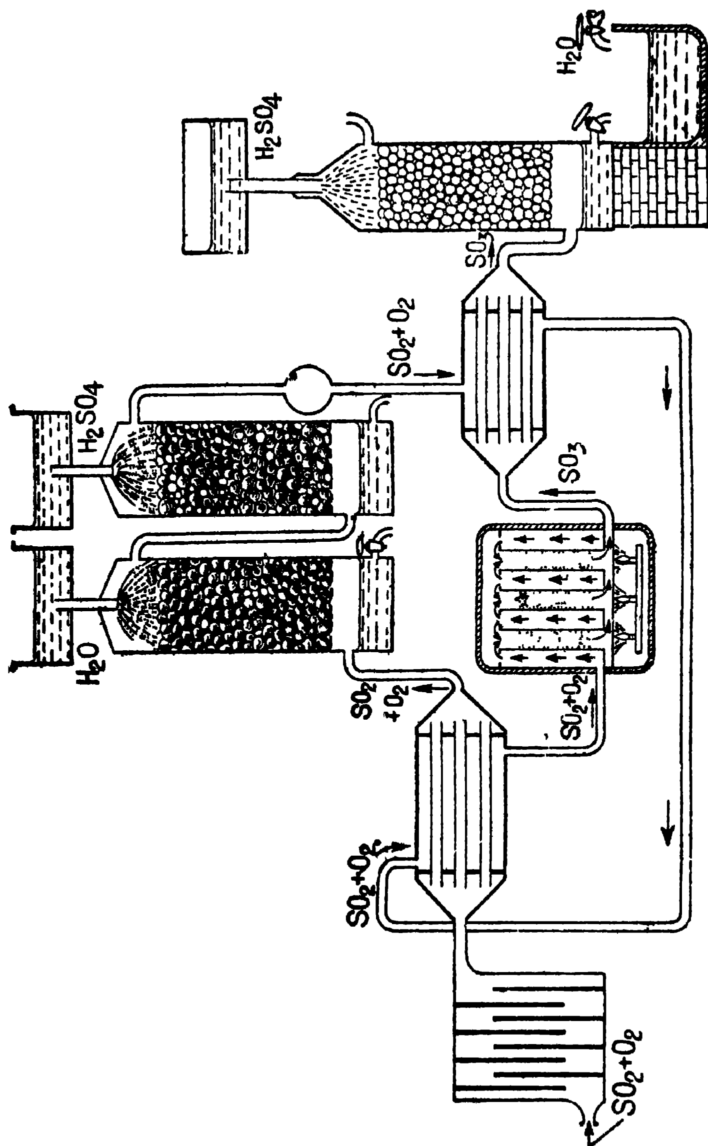
বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ ঃ লোহার তৈয়ারী বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠে কয়েকটি খাড়া লোহার নলের ভিতর প্রভাবক রাখা হয়। কঠিন প্রভাবকগুলির বিশেষত্বই যে যত বেশী আয়তনে উহারা বিক্রিয়কের সংস্পর্শে আসিতে পারিবে ততই বেশী বিক্রিয়া নিষ্পন্ন হইবে। এই জন্য প্লাটিনাম প্রভাবক অতি সূক্ষ্ম চূর্ণাবস্থায় অ্যাস্‌বেস্‌টসের আঁশের উপর জমাইয়া লওয়া হয়। এই প্লাটিনামযুক্ত অ্যাস্‌বেস্‌টস্‌ই প্রভাবক রূপে ব্যবহৃত হয়। প্লাটিনামের বদলে আয়রন ও কপার অক্সাইডের মিশ্রণ ($Fe_2O_3 + CuO$) এবং ভ্যানাডিয়াম পেণ্টোক্সাইডও প্রভাবক হিসাবে আজকাল ব্যবহৃত হইয়া থাকে। প্রকোষ্ঠটি প্রভাবকসহ প্রথমে বড় গোলাকার দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া লওয়া হয়, কিন্তু একবার বিক্রিয়া সুরু হইলে উহা হইতে যে তাপ নির্গত হয় তাহাতেই প্রভাবক তাপিত হইয়া থাকে, অন্য কোন তাপ দেওয়ার প্রয়োজন হয় না (চিত্র ২৩ঙ)।



চিত্র ২৩ ঙ—বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠ

বিক্রিয়া-প্রকোষ্ঠের নীচের দিকে SO_2 এবং বাতাসের মিশ্রণটি প্রবেশ করে। উহার উত্তাপ তখন প্রায় ৪০০° সেন্টিগ্রেডের কাছাকাছি থাকে।

প্রভাবকের সংস্পর্শে SO_2 জারিত হইয়া SO_3 হয় এবং প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়। এই তাপ অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণ বিক্রিয়ক গ্যাস শোষণ করিয়া লয়; তাই প্রভাবকের উষ্ণতা বাড়িতে পারে না। এইভাবে শতকরা ৯৮ ভাগ SO_2 জারিত হয়।



২৩। চিত্র H_2SO

সালফার ট্রাই-অক্সাইড অন্যান্য গ্যাসসহ অতঃপর একটি স্ফটিক-খণ্ড-পূর্ণ স্তম্ভের ভিতর দিয়া লইয়া যাওয়া হয়। স্তম্ভগুলির উপর হইতে ৯৮% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। এই গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে SO_3 দ্রবীভূত হয় এবং উহাকে ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিডে $(H_2S_2O_7)$ পরিণত করে। নীচে একটি ট্যাঙ্কে এই অ্যাসিড সঞ্চিত হয় এবং ইহাতে ধীরে ধীরে প্রয়োজনানুরূপ জল মিশান হইতে থাকে যাহাতে অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব সর্বদা শতকরা ৯৮ ভাগ থাকে। সোজাসুজি জলে সালফার ট্রাই-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে শোষণ করা কষ্টসাধ্য বলিয়াই উক্ত উপায় অবলম্বন করা হয়।

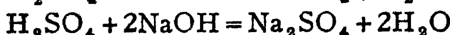
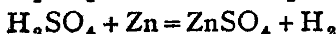

$$H_2S_2O_7 + H_2O = 2H_2SO_4$$

স্পর্শ-পদ্ধতিতে যে অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহা প্রকোষ্ঠ-পদ্ধতির অ্যাসিড অপেক্ষা অধিকতর গাঢ় ও বিশুদ্ধ। তাহা ছাড়া, স্পর্শ-পদ্ধতিতে অ্যাসিডকে পুনরায় গাঢ়ীকরণের হাঙ্গামা নাই।

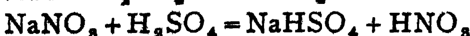
সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার ঃ ল্যাবরেটরী ছাড়াও বহু রকম রাসায়নিক শিল্পে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়। প্রকৃতপক্ষে, সালফিউরিক অ্যাসিডের চাহিদা হইতেই দেশের শিল্পোন্নতির পরিচয় পাওয়া সম্ভব। মাত্র কয়েকটি রাসায়নিক শিল্পের নাম এখানে করা যাইতে পারে ঃ—(১) হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিড, (২) বহুরকমের বিস্ফোরক, (৩) সুপার ফসফেট, অ্যামোনিয়াম সালফেট ইত্যাদি, (৪) নানারকমের রঞ্জক, (৫) পেট্রোলিয়ামের শোধন।

২৩-১৭। সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ (১) সাধারণ অবস্থায় বিশুদ্ধ অ্যাসিড তেলের মত কিন্তু খুব ভারী বর্ণহীন তরল পদার্থ। উহার ঘনত্ব ১·৮৪৮ [১৫° সেন্টি.]। শতকরা ৯৮·৩ ভাগ অ্যাসিড ও ১·৭ ভাগ জল, এইরূপ মিশ্রণটিকেই "গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড" বলা হয়।

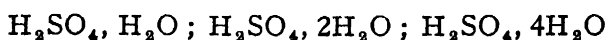
(২) সালফিউরিক অ্যাসিড একটি তীব্র দ্বিক্ষারী অম্ল। উহার জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল করিয়া দেয়। ক্ষারক পদার্থের সহিত উহা দুই রকম লবণ ও জল উৎপাদন করে এবং ধাতু দ্বারা উহার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করা যায়। এই লবণগুলিকে সালফেট বলে। উহারা নানা প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়।


$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$$

$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

$$H_2SO_4 + Zn = ZnSO_4 + H_2$$

ক্লোরাইড, নাইট্রেট প্রভৃতি অন্যান্য উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ঐ সকল অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।


$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

$$NaNO_3 + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HNO_3$$

(৩) সালফিউরিক অ্যাসিডের জলের প্রতি আসক্তি খুব বেশী। কম উষ্ণতায় উহা জলের সহিত বিভিন্ন সোদক স্ফটিকের সৃষ্টি করে—



$$H_2SO_4, H_2O\ ;\ H_2SO_4, 2H_2O\ ;\ H_2SO_4, 4H_2O$$

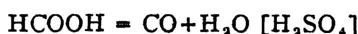
গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সর্বদাই জলীয় বাষ্প শোষণ করে। এই জন্যই শোষাকাধারে উহা ব্যবহৃত হয়। অনেক গ্যাসও শুষ্ক করার জন্য উহার ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়।

শুধু ইহাই নয়, অনেক জৈব-পদার্থের অণু হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড জল শোষণ করিয়া লইয়া উহাকে বিয়োজিত করিয়া দেয়। চিনি, স্টার্চ প্রভৃতি গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দিলে কার্বনে পরিণত হইয়া যায়। ফর্মিক অ্যাসিড হইতে কার্বন মনোক্সাইড এবং অক্সালিক অ্যাসিড হইতে CO এবং CO_2 পাওয়া যায় :—



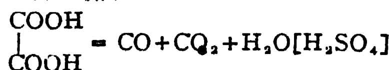
$$C_{12}H_{22}O_{11} = 12C + 11H_2O[H_2SO_4]$$

চিনি



$$HCOOH = CO + H_2O\ [H_2SO_4]$$

ফর্মিক অ্যাসিড

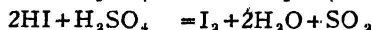


$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} = CO + CO_2 + H_2O[H_2SO_4]$$

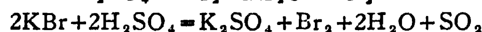
(৪) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের জারণ-ক্ষমতাও বিশেষ উল্লেখযোগ্য। পটাসিয়াম আয়োডাইড ও পটাসিয়াম ব্রোমাইড হইতে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যথাক্রমে আয়োডিন ও ব্রোমিন উৎপন্ন করে।



$$2KI + H_2SO_4 = 2HI + K_2SO_4$$



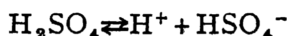
$$2HI + H_2SO_4 = I_2 + 2H_2O + SO_2$$



$$2KBr + 2H_2SO_4 = K_2SO_4 + Br_2 + 2H_2O + SO_2$$

(৫) সালফিউরিক অ্যাসিডের অত্যন্ত লঘু দ্রবণ নিম্নলিখিত রূপে বিয়োজিত হয়। $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$

কিন্তু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের তাড়িত-বিয়োজন অন্যরূপ



$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$

উহার তাড়িত বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন ও পার-ডাই-সালফিউরিক অ্যাসিড ($H_2S_2O_8$) পাওয়া যায়।

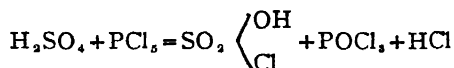


ক্যাথোডে : $H^+ + e = H\ ;\ H + H = H_2$

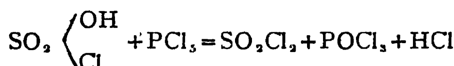


অ্যানোডে : $HSO_4^- - e = HSO_4\ ;\ 2HSO_4 = H_2S_2O_8$

(৬) ফসফরাস পেণ্টা-ক্লোরাইডের ক্রিয়ার ফলে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ক্লোরো-সালফনিক অ্যাসিড ও সালফিউরিল ক্লোরাইডে পরিণত হয়। ইহাতে সালফিউরিক অ্যাসিডে যে 'OH' যৌগমূলক বর্তমান তাহাই প্রমাণিত হয়।

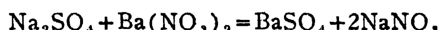


$$H_2SO_4+PCl_5=SO_2\begin{cases}OH\\Cl\end{cases}+POCl_3+HCl$$



$$SO_2\begin{cases}OH\\Cl\end{cases}+PCl_5=SO_2Cl_2+POCl_3+HCl$$

২৩-১৮। সালফিউরিক অ্যাসিড ও সালফেটের পরীক্ষা ঃ কোন সালফেট বা সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের সহিত বেরিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণ মিশ্রিত করিলে সাদা বেরিয়াম সালফেট অধঃক্ষিপ্ত হইবেই। এই বেরিয়াম সালফেট গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়।

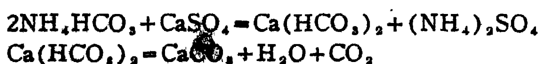


$$Na_2SO_4+Ba(NO_3)_2=BaSO_4+2NaNO_3$$

যদি কোন সালফেট জলে অদ্রব হয়, তাহা হইলে উহাকে প্রথমে কঠিন সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিয়া গলাইয়া লইতে হইবে। পরে উহার জলীয় দ্রবণ ছাঁকিয়া লইয়া অম্লীকৃত করিয়া বেরিয়াম নাইট্রেট দ্বারা পরীক্ষা করিতে হইবে।

২৩-১৯। অ্যামোনিয়াম সালফেট, $(NH_4)_2SO_4$ঃ আমাদের দেশের জমির উৎপাদন-শক্তি বৃদ্ধি করার জন্য কৃত্রিম-সার প্রয়োগ করা একান্ত প্রয়োজন এবং বিশেষজ্ঞেরা এজন্য অ্যামোনিয়াম সালফেট ব্যবহার করিতে নির্দেশ দিয়াছেন। অ্যামোনিয়াম সালফেট সাধারণতঃ অ্যামোনিয়া ও সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে প্রস্তুত হয়। কিন্তু ভারতে কোন সালফারের খনি নাই এবং প্রচুর পরিমাণে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা সুকঠিন। সেজন্য অপর দেশের উপর নির্ভর করিতে হয়। আমাদের দেশে জিপসাম, $CaSO_4, 2H_2O$ বা অ্যানহাইড্রাইট $CaSO_4$ অর্থাৎ ক্যালসিয়াম সালফেট খনিজ প্রচুর পাওয়া যায়। এই জন্য আমাদের প্রয়োজনীয় অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী করার জন্য অন্য ব্যবস্থা অবলম্বন করা হইতেছে।

স্টীম, বায়ু ও বিহারের কোক হইতে হেভার প্রণালী অনুযায়ী অ্যামোনিয়া তৈয়ারী করা যাইতে পারে। এই অ্যামোনিয়া কার্বনিক অ্যাসিড সহযোগে (CO_2+H_2O), অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত করা হয়। অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণ বিচূর্ণ জিপসামের সহিত উপযুক্ত উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া থাকে। ইহা হইতে অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।



$$2NH_4HCO_3+CaSO_4=Ca(HCO_3)_2+(NH_4)_2SO_4$$
$$Ca(HCO_3)_2=CaCO_3+H_2O+CO_2$$

এই ভাবে অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করিলে সালফারের প্রয়োজন হয় না এবং আমাদের দেশকে পরমুখাপেক্ষী হইতে হয় না। উপজাত ক্যালসিয়াম কার্বনেটও খানিকটা সার হিসাবে এবং অধিকাংশই সিমেণ্ট শিল্পে ব্যবহৃত হইতে পারিবে। ধানবাদের নিকটবর্তী সিন্ধ্রীতে এই জন্য কৃত্রিম সারের প্রথম কারখানা স্থাপিত হইয়াছে।

২৩-২০। কিউপ্রিক সালফেট বা কপার-সালফেট, $CuSO_4, 5H_2O$ (তুঁতে): গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফুটন্ত অবস্থায় কপারের সহিত বিক্রিয়া করে এবং কপার-সালফেট উৎপাদন করে :—



$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে কপার-অক্সাইড দ্রবীভূত করিয়াও কপার-সালফেট প্রস্তুত করা সম্ভব :— $CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$

উৎপন্ন কপার-সালফেটের দ্রবণটি গাঢ় করিয়া লইয়া ঠাণ্ডা করিলে নীল রঙের সোদক কপার-সালফেট স্ফটিক কেলাসিত হয়। উহাতে প্রত্যেকটি কপার-সালফেট অণুর সহিত পাঁচটি জলের অণু যুক্ত থাকে।

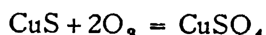
অধিক পরিমাণে কপার-সালফেট প্রয়োজন হইলে নিম্নোক্ত উপায়ের সাহায্যে উহা প্রস্তুত করা হয় :—

(১) কপার-পাইরাইটিস অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে তাপজারিত করা হয় (Roasted)। ইহাতে কপার-সালফাইড কপার-সালফেটে এবং আয়রন-সালফাইড আয়রন-অক্সাইডে পরিণতি লাভ করে। অতঃপর উহাকে জলের সহিত ফুটাইয়া লইলে কপার-সালফেট জলে দ্রবীভূত হইয়া অন্যান্য পদার্থ হইতে পৃথক হইয়া আসে। দ্রবণটিকে গাঢ় অবস্থায় শীতল করিলে কপার-সালফেট কেলাসিত হয়।

(২) কপারের ছিলা, কপারের ভাঙা টুকরা প্রভৃতি উপযুক্ত পরিমাণ সালফারের সহিত মিশাইয়া পরাবর্ত-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে কপার-সালফাইড পাওয়া যায়। অতঃপর উহাকে বায়ুপ্রবাহে আরও তাপিত করিলে উহা কপার-সালফেটে পরিণত হয়। চুল্লী হইতে বাহির করিয়া জলে ফুটাইয়া কপার-সালফেট দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় এবং যথারীতি $CuSO_4,5H_2O$ কেলাসিত করা হয়।



$Cu + S = CuS$

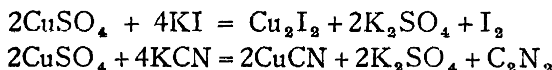


$CuS + 2O_2 = CuSO_4$

কিউপ্রিক সালফেট নীলবর্ণের স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। এই সোদক স্ফটিকগুলি উত্তপ্ত করিলে উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহার জল উড়িয়া যায় এবং ২৩০° সেন্টিগ্রেডে উহা অনার্দ্র সাদা অনিয়তাকার কপার-সালফেটে পরিণত হয়।

কিউপ্রিক সালফেট জলে যথেষ্ট দ্রবণীয়। অ্যামোনিয়ার সহিত মিশাইলে উহা কিউপ্রো-অ্যামোনিয়াম যৌগে পরিণত হয়। (পৃ ১৯৩)

পটাসিয়াম আয়োডাইড এবং পটাসিয়াম সায়নাইডের সহিত কপার-সালফেট বিক্রিয়া করিয়া কিউপ্রাস যৌগে পরিণত হয়।



$$2CuSO_4 + 4KI = Cu_2I_2 + 2K_2SO_4 + I_2$$
$$2CuSO_4 + 4KCN = 2CuCN + 2K_2SO_4 + C_2N_2$$

কপার সালফেট তড়িৎলেপনের জন্য প্রয়োজন হয়। জীবাণু ও কীটবিনাশক-রূপে ইহা ব্যবহৃত হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহা রাগবন্ধকের কাজ করে।

অনুশীলনী

১। ল্যাবরেটরীতে সচরাচর কি ভাবে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়? কিপস্ যন্ত্রের একটি চিত্র অঙ্কন করিয়া উহার উপকারিতা ও ব্যবহার বুঝাইয়া দাও। হাইড্রোজেনের প্রধান ধর্মগুলির সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

২। ক্ষার হইতে কিরূপে হাইড্রোজেন পাওয়া সম্ভব, সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

৩। শিল্প-প্রয়োজনে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করার প্রণালী কি কি? আমাদের দেশে কোন্ পদ্ধতি অনুসরণ করা প্রয়োজন এবং কেন?

৪। জায়মান হাইড্রোজেনের বিশেষত্ব কি? উহার রাসায়নিক ধর্মের উদাহরণ দাও।

৫। নিম্নলিখিত বিষয়ের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও :—

(ক) অন্তর্ধৃতি (খ) প্রভাবক (গ) বহুরূপতা।

৬। তাপ প্রয়োগে এই সকল বস্তুর কি পরিবর্তন হয় :—

(ক) লেড নাইট্রেট (খ) অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (গ) অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (ঘ) মারকিউরিক অক্সাইড (ঙ) ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড?

৭। অক্সাইড কয় প্রকার? উদাহরণ সহ উহাদের পার্থক্য বুঝাইয়া দাও।

৮। জারণ ও বিজারণ ক্রিয়াব সংজ্ঞার্থ লিখ। "জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া যুগপৎ সম্পন্ন হয়"—ইহার তাৎপর্য বুঝাইয়া দাও।

৯। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রস্তুতি ও রাসায়নিক ধর্মের আলোচনা কর :—

(১) ওজোন (২) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড।

১০। কি কি উপায়ে জলের খরতা দূরীকরণ সম্ভব? জলের খরতার কারণ কি?

১১। (ক) লৌহ (খ) সোডিয়াম (গ) কার্বন (ঘ) ক্যালসিয়াম কার্বাইড (ঙ) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড—এই সকল পদার্থের জলের সহিত কিরূপ বিক্রিয়া হইবে?

১২। নিম্নোক্ত পদার্থগুলি একত্রিত করিলে কি পরিবর্তন হইবে, সমীকরণ সহ বুঝাইয়া দাও :—

(ক) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও পটাসিয়াম আয়োডাইড।

(খ) মারকিউরিক ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়া।

(গ) অ্যামোনিয়া ও কপার সালফেট।

(ঘ) জিঙ্ক, সালফিউরিক অ্যাসিড ও পটাস-পারম্যাঙ্গানেট।

(ঙ) ওজোন ও লেড-সালফাইড।

১৩। বায়ুকে মিশ্র-পদার্থরূপে গণ্য করার কারণ কি? নিষ্ক্রিয় গ্যাস কাহাকে বলে? উহাদের নাম লিখ।

১৪। ল্যাবরেটরীতে নাইট্রিক অ্যাসিড কিভাবে তৈয়ারী করা হয়, একটি চিত্রসহ বুঝাইয়া দাও। নাইট্রিক অ্যাসিড নিম্নোক্ত ধাতুগুলিকে কি অবস্থায় কিরূপভাবে আক্রমণ করে লিখ:— (ক) লৌহ, (খ) কপার, (গ) ম্যাগনেসিয়াম, (ঘ) জিঙ্ক।

১৫। (ক) নাইট্রিক অ্যাসিড জারকরূপে,

(খ) সালফিউরিক অ্যাসিড নিরুদকরূপে,

(গ) নাইট্রাস অ্যাসিড বিজারকরূপে,

(ঘ) আয়োডিন জারকরূপে,—বিক্রিয়া করে, এরূপ দুইটি করিয়া উদাহরণ সমীকরণসহ উল্লেখ কর।

১৬। বিশুদ্ধ অ্যামোনিয়া প্রস্তুত-প্রণালী বর্ণনা কর। উহার ক্ষার ও বিজারণগুণ প্রমাণ কর। সোডিয়াম এবং ক্লোরিনের সহিত অ্যামোনিয়ার কি রকম বিক্রিয়া হয়?

১৭। নিম্নলিখিত গ্যাসগুলির আয়তন-সংযুতি ও সঙ্কেত কিভাবে নির্ণয় করা যায়:— (ক) অ্যামোনিয়া (খ) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড?

১৮। হেভার-পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া-প্রস্তুতির সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

১৯। শিল্প-প্রয়োজনে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন করার শ্রেষ্ঠ উপায় কি? উহার সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও।

২০। চারিটি হ্যালোজেনের ধর্মগুলির একটি তুলনামূলক প্রবন্ধ লিখ।

২১। হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের আয়তন-সংযুতি কিরূপে জানা যায়? আয়তন-সংযুতি হইতে উহার সঙ্কেত নির্ধারণ কর।

২২। ল্যাবরেটরীতে ব্রোমিন ও হাইড্রোব্রোমিন অ্যাসিড কিভাবে প্রস্তুত করা হয়? উহাদের রাসায়নিক ধর্মগুলি উল্লেখ কর।

২৩। সমুদ্র-জল হইতে আয়োডিন পাওয়ার উপায় কি? আয়োডিনকে কি রকম ভাবে হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত করা যাইতে পারে?

২৪। বিরঞ্জক-চূর্ণ প্রস্তুতির একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার বিরঞ্জন-ক্রিয়া কিরূপে সম্পন্ন হয়?

২৫। অ্যামোনিয়াম সালফেট দুইটি কি ভাবে প্রস্তুত করা হয়? সিন্দ্রীতে অ্যামোনিয়াম সালফেট তৈয়ারী করার যে পদ্ধতি অবলম্বন করা হইয়াছে, তাহার বিশেষত্ব কি?

২৬। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির ভিতর কোন্ অবস্থায় কিরূপে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় লিখ:—

(১) সাদা ফসফরাস এবং কস্টিক সোডা

(২) পীত ফসফরাস এবং নাইট্রিক অ্যাসিড

(৩) সালফার এবং সালফিউরিক অ্যাসিড

(৪) আয়োডিন এবং সোডিয়াম থায়োসালফেট

(৫) চিনি এবং সালফিউরিক অ্যাসিড

(৬) ফেরিক ক্লোরাইড এবং হাইড্রোজেন সালফাইড।

২৭। অস্থিভস্ম হইতে পীত ফসফরাস উৎপাদন করার উপায় কি? পীত ফসফরাসকে লাল ফসফরাসে কেমন করিয়া পরিণত করা হয়?

২৮। সালফিউরিক অ্যাসিডে এবং কস্টিক সোডাতে OH-মূলকের অস্তিত্ব কিভাবে প্রমাণ করিবে?

২৯। সালফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করার পদ্ধতি কি? উহার বিজারক-গুণ প্রমাণ কর।

৩০। স্পর্শ পদ্ধতিতে কি উপায়ে সালফিউরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়?

৩১। সালফিউরেটের হাইড্রোজেন গ্যাসের বিজারক-গুণ প্রমাণ করার জন্য তিনটি উদাহরণ দাও। বিশ্লেষণ-কার্যে হাইড্রোজেন সালফাইডের প্রয়োজনীয়তা দেখাও।

৩২। বহুরূপতা কি? সালফার ও অক্সিজেনের বিভিন্ন রূপভেদের বৈশিষ্ট্য উল্লেখ কর।

জৈব-রসায়ন

চতুর্বিংশ অধ্যায়

কার্বন (অঙ্গারক)

সঙ্কেত, C. পারমাণবিক গুরুত্ব, ১২·০১ ক্রমাঙ্ক, ৬

প্রকৃতিতে প্রচুর কার্বন মৌলাবস্থায় পাওয়া যায়। হীরক, গ্র্যাফাইট, কয়লা প্রভৃতিতে কার্বন মৌলিক অবস্থায় আছে। কার্বনের বহুরকম যৌগিক পদার্থও প্রকৃতিতে প্রচুর দেখা যায়। প্রাণী ও উদ্ভিদজগতের অধিকাংশ পদার্থই কার্বনের যৌগ। জীবদেহের প্রোটিন, কার্বোহাইড্রেট, স্নেহজাতীয় পদার্থগুলি কার্বনের যৌগ। খনিজ পেট্রোলিয়াম, চুনাপাথর প্রভৃতিও কার্বনের যৌগ।

২৪-১। কার্বনের বহুরূপতা : কার্বন বহুরূপী মৌল, সুতরাং উহা নানা অবস্থায় থাকিতে পারে। উহার বিভিন্ন রূপভেদের দুইটি স্ফটিকাকার এবং অপরগুলি অনিয়তাকার। ডায়মণ্ড (হীরক) এবং গ্র্যাফাইট স্ফটিকাকার। অনিয়তাকার কার্বন মোটামুটি পাঁচ রকমের :

(১) প্রাণিজ অঙ্গার (Animal charcoal)
(২) উদ্ভিজ্জ অঙ্গার (Wood charcoal)
(৩) ভুসা কয়লা (Lampblack)
(৪) গ্যাস কার্বন (Gas carbon)
(৫) কোক (Coke)

বাহ্যতঃ এই বিভিন্ন রকমের কার্বনের ভিতর যথেষ্ট পার্থক্য দেখা যায়। হীরক ও ভুসাকয়লার ভিতর কোনই সাদৃশ্য নাই। কিন্তু সমপরিমাণ ওজনে বিভিন্ন প্রকারের কার্বন লইয়া যদি জারিত করা হয় তবে সবক্ষেত্রেই কেবলমাত্র কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় এবং উহার পরিমাণও একই হইয়া থাকে। এক গ্রাম ডায়মণ্ড বা কোক হইতে সব সময়েই ৩·৬৭ গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। এই বিভিন্ন পদার্থগুলি যে একই মৌলের ভিন্ন ভিন্ন প্রকারভেদ মাত্র ইহাই তাহার প্রমাণ।

ডায়মণ্ড (হীরক)ঃ দক্ষিণ আফ্রিকা, ভারতবর্ষ (গোলকুণ্ডা), ব্রেজিল প্রভৃতি স্থানে হীরক পাওয়া যায়। কার্বনের রূপভেদগুলির মধ্যে হীরক সর্বাপেক্ষা ভারী, ইহার ঘনত্ব, ৩'৫ ; ইহার প্রতিসরাঙ্কও খুব বেশী। হীরক* তাপ অথবা বিদ্যুৎ পরিবহন করিতে পারে না। হীরক অত্যন্ত শক্ত এবং হীরকের অপেক্ষা অধিকতর শক্ত বস্তু আর নাই। রাসায়নিক বিকারক দ্বারা হীরক বিশেষ আক্রান্ত হয় না। হীরক কাচ এবং অন্যান্য অনেক জিনিস কাটার জন্য ব্যবহৃত হয়। হীরকচূর্ণ পালিশের কাজে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু অধিকাংশ ভাল হীরকই রত্ন হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

গ্র্যাফাইটঃ গ্র্যাফাইট গাঢ় ধূসরবর্ণের স্ফটিকাকার পদার্থ। উহার কিন্তু ধাতুর মত একটি দ্যুতি আছে। গ্র্যাফাইট বেশ নরম এবং স্পর্শ করিলে পিচ্ছিল বা তৈলাক্ত বলিয়া মনে হয়। ইহার ঘনত্ব ২'২। গ্র্যাফাইট অধাতব হইলেও উহা বিদ্যুৎ ও তাপ বহন করিতে সক্ষম।

অক্সিজেনে উত্তপ্ত করিলে অবশ্য গ্র্যাফাইট পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হইয়া যায়।

গ্র্যাফাইটের ব্যবহার ঃ (১) অনেক যন্ত্রে তেল অথবা জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া গ্র্যাফাইটচূর্ণ পিচ্ছিলকারক (lubricant) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। (২) গ্র্যাফাইটের সাহায্যে এখন বড় বড় খর্পর তৈয়ারী করা হয়। উহারা অত্যধিক উষ্ণতা সহ্য করিতে পারে। (৩) সীস-পেনসিল তৈয়ারী করার জন্য গ্র্যাফাইট প্রয়োজন হয়। (৪) বিদ্যুৎ-চুল্লীতে এবং অনেক বিদ্যুৎ-বিশ্লেষণে গ্র্যাফাইট-দণ্ড তড়িৎ-দ্বার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

২৪-২। অনিয়তাকার কার্বনঃ কাঠের অন্তর্ধূম-পাতন।

(১) **উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার (কাঠকয়লা)ঃ** কাঠ আংশিকভাবে পোড়ান হইলে উহা হইতে কাল অঙ্গার পাওয়া যায়। ইহাকে কাঠকয়লা বলে—স্পষ্টতঃই ইহা উদ্ভিদ-জাত অঙ্গার।

সচরাচর কাঠের অন্তর্ধূমপাতনের দ্বারা উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার প্রস্তুত করা হয়। মাটির ভিতর বড় গর্ত করিয়া উহা কাঠের টুকরা দ্বারা পূর্ণ করা হয়। উপরেও

* বিশুদ্ধ হীরক স্বচ্ছ ও বর্ণহীন।

উহা মাটি দিয়া ঢাকিয়া রাখা হয়, কেবলমাত্র গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার জন্য একটি পথ রাখা হয়। তৎপর কাঠে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। খানিকটা কাঠ পুড়িয়া যায় বটে, কিন্তু উহার উত্তাপে বাকী কাঠ হইতে উদ্বায়ী বস্তুসকল বাহির হইয়া আসে এবং কাঠ অঙ্গারে পরিণত হয়। বর্তমানে আরও উন্নত প্রণালীতে কাঠের অন্তর্ধূমপাতন করা হয়। আবদ্ধ লোহার বকযন্ত্রে কাঠের টুকরা বোঝাই করিয়া উহাকে প্রায় ৩০ ঘণ্টা উত্তপ্ত করা হয়। বাতাস উহার সংস্পর্শে আসিতে পারে না। বকযন্ত্রটির উপরে একটি নির্গম-নল থাকে, সেই পথ দিয়া বিযোজনের ফলে যে সকল উদ্বায়ী বস্তু উৎপন্ন হয় তাহা বাহির হইয়া যায় এবং বকযন্ত্রের ভিতর অঙ্গার পড়িয়া থাকে। উদ্বায়ী পদার্থসমূহকে ঠাণ্ডা করিলে উহার খানিকটা ঘনীভূত হইয়া তরল হয়; বাকী গ্যাস সঞ্চয় করিয়া রাখা হয়। তরল পদার্থটুকুর দুইটি অংশ থাকে—(১) জলীয় অংশ, ইহাকে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড বলে। ইহা হইতে মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অ্যাসিটোন প্রভৃতি পাওয়া যায়। (২) আলকাতরার অংশ, ইহা হইতে ফিনোল জাতীয় মূল্যবান পদার্থ পাওয়া যায়। যে গ্যাস ঘনীভূত হয় নাই, উহা জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়। কাঠের বিযোজিত পদার্থগুলির মোটামুটি পরিমাণঃ কাঠ কয়লা—২৫%, গ্যাস—২০%-২৫%, জলীয় পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড—৫০%-৫২%, আলকাতরা—৪%-৫%।

নারিকেলের মালাও অনুরূপভাবে বাতাসের অনুপস্থিতিতে অন্তর্ধূমপাতন করিলে অনিয়তাকার অঙ্গারে পরিণত হয়। স্বল্প পরিমাণে বিশুদ্ধ উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার প্রয়োজন হইলে চিনির অন্তর্ধূমপাতনদ্বারা তৈয়ারী করা হয়। অতিরিক্ত উষ্ণতায় চিনি বিযোজিত হইয়া যায়। $C_{12}H_{22}O_{11} = 12C + 11H_2O$

অঙ্গার কালো অনিয়তাকার পদার্থ। ঘনত্ব, ১·৪-১·৯। ইহার বিদ্যুৎ বা তাপ-বহন ক্ষমতা নাই। কিন্তু কাঠকয়লার বহির্ধৃতি-ক্ষমতা (adsorption) খুব বেশী।

(২) **প্রাণিজ অঙ্গারঃ** জীবজন্তুর হাড় বাতাসের অবর্তমানে অন্তর্ধূমপাতন করিলে উদ্বায়ী পদার্থগুলি গ্যাস হইয়া বাহির হইয়া যায় এবং হাড়গুলি ঘন কালো একটি অনিয়তাকার চূর্ণ পদার্থে পরিণত হয়। ইহাই প্রাণিজ-অঙ্গার। ইহার আর একটি নাম বোন-ব্ল্যাক (Bone black)। ইহাতে অবশ্য যথেষ্ট পরিমাণ ক্যালসিয়াম ফসফেট মিশ্রিত থাকে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের

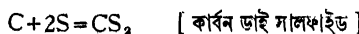
সাহায্যে প্রাণিজ-অঙ্গারের ফসফেট দ্রবীভূত করিয়া পৃথক করিলে খুব কালো কার্বন পড়িয়া থাকে—উহাকে আইভরি ব্ল্যাক (Ivory black) বলে। প্রাণিজ অঙ্গারেরও বহির্ধৃতি-ক্ষমতা খুব বেশী।

(৩) **ভুসা কয়লা** ঃ তার্পিন তেল, কেরোসিন, পেট্রোলিয়াম, বেনজিন প্রভৃতি জৈব-জাতীয় যৌগ (যাহাতে কার্বনের পরিমাণ সমধিক) অনতিরিক্ত বায়ুতে পোড়াইলে এক প্রকার কালো ধূম নির্গত হয়। ঠাণ্ডা কোন দেওয়ালে বা পাত্রের গায়ে উহা জমিয়া ঝুল বা ভুসার সৃষ্টি করে। ইহাই ভুসা কয়লা। ছাপার কালিতে কালো রং ও পালিশে ইহা সর্বদা ব্যবহৃত হয়।

(৪) **কোক কয়লা ও গ্যাস কার্বন** ঃ কয়লাতে কার্বনের সহিত যথেষ্ট পরিমাণ অন্যান্য জৈব-জাতীয় যৌগ মিশ্রিত থাকে। লোহার বকযন্ত্রে অথবা অগ্নিসহ ইটের আবদ্ধ প্রকোষ্ঠে কয়লার অন্তর্ধূমপাতন করা হয়। ইহার ফলে জৈব-জাতীয় যৌগসমূহ বিযোজিত হইয়া যায় এবং সমস্ত উদ্বায়ী পদার্থগুলি বাহির হইয়া যায়। বকযন্ত্রে যে কালো অনুদ্বায়ী কার্বন পড়িয়া থাকে তাহাকেই কোক-কয়লা বলা হয়। অত্যধিক উষ্ণতায় অন্তর্ধূমপাতন করিলে হার্ড-কোক (Hard coke) পাওয়া যায়। ইহা ধাতু-নিষ্কাশনে প্রয়োজন হয়। অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় অন্তর্ধূমপাতনের ফলে যে কোক পাওয়া যায় উহা সফট-কোক (Soft coke)। উহা সাধারণ রান্নার কাজে ব্যবহৃত হয়।

কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের সময়ে বকযন্ত্রের উপরের দিকে অপেক্ষাকৃত শীতল স্থানে খানিকটা কার্বন ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া জমিয়া থাকে। এই শক্ত, কালো, কঠিন অঙ্গার গ্যাস-কার্বন নামে পরিচিত। ইহার ঘনত্ব, ২·৫৫। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎপরিবাহী।

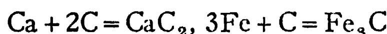
২৪-৩। অঙ্গারের রাসায়নিক ধর্ম ঃ কার্বনের রাসায়নিক সক্রিয়তা অপেক্ষাকৃত কম। অধিকতর উষ্ণতায় কার্বন অক্সিজেন বা বাতাসে পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয়। সালফার নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সহিত উহা অধিক উষ্ণতায় সংযুক্ত হইয়া ভিন্ন ভিন্ন যৌগিক পদার্থ সৃষ্টি করে ঃ—


$C+2S=CS_2$ [কার্বন ডাই সালফাইড]


$2C+N_2=C_2N_2$ [সায়ানোজেন]

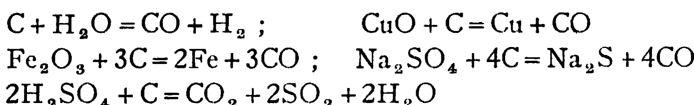

$2C+H_2=C_2H_2$ [অ্যাসিটিলিন]

উত্তপ্ত ক্যালসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন প্রভৃতির সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ধাতব কার্বাইড উৎপাদন করে :—



$$Ca + 2C = CaC_2,\ 3Fe + C = Fe_3C$$

লোহিত-তপ্ত অঙ্গার স্টীম বিযোজিত করে এবং অধিক উষ্ণতায় অক্সিজেন-যৌগসমূহকে বিজারিত করে :—



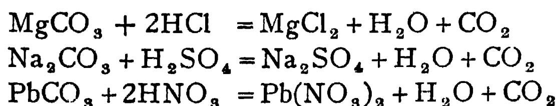
$$C + H_2O = CO + H_2\ ; \qquad CuO + C = Cu + CO$$
$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO\ ; \qquad Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$$
$$2H_2SO_4 + C = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$$

কার্বনের অক্সাইডদ্বয়

কার্বনের দুইটি অক্সাইড আছে—কার্বন ডাই-অক্সাইড, CO_2 এবং কার্বন-মনোক্সাইড, CO ।

২৪-৪। কার্বন ডাই-অক্সাইড : পরিমাণে সামান্য হইলেও কার্বন ডাই-অক্সাইড বাতাসের একটি অতি মূল্যবান ও প্রয়োজনীয় উপাদান। বাতাসে ইহার পরিমাণ মাত্র শতকরা ০·০৩ ভাগ। জীবজন্তুর নিঃশ্বাস হইতে এবং কাঠ, খড় প্রভৃতি জৈবজাতীয় পদার্থের জারণের ফলে বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড সঞ্চারিত হয় এবং এই কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাহায্যেই উদ্ভিদ-জগতের অস্তিত্ব ও বৃদ্ধি বজায় থাকে। কোন কোন প্রস্রবণের জলের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইড বাহির হইতে দেখা যায়। জাভা ও ইতালীর কোন কোন অংশে ভূগর্ভ হইতেও অনেক সময় যথেষ্ট কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়।

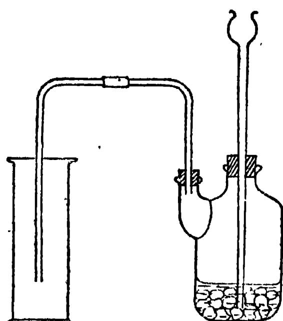
২৪-৫। প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : ধাতব কার্বনেট লবণের সহিত খনিজ অ্যাসিডের বিক্রিয়ার সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করাই সাধারণ রীতি। সমস্ত কার্বনেটই অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। যথা :—



$$MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + H_2O + CO_2$$
$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2$$
$$PbCO_3 + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$$

সাধারণতঃ মার্বেল-পাথরের সহিত লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড মিশাইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈয়ারী করা হয়। খানিকটা ছোট ছোট মার্বেলের টুকরা

একটি উলফ-বোতলে লইয়া উহার মুখ দুইটি কর্ক দ্বারা বন্ধ করা হয়। একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি দীর্ঘনাল-ফানেল এবং অপরটিতে একটি নির্গম-নল থাকে। দীর্ঘনাল-ফানেলের ভিতর দিয়া লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেওয়া হয়। অ্যাসিড মার্বেল পাথরের সংস্পর্শে আসিলেই বিক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া থাকে। ইহা বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী এবং বায়ুর ঊর্ধ্বভ্রংশের দ্বারা গ্যাস-জারে ইহা সঞ্চয় করা হয় (চিত্র ২৪ক)।



চিত্র ২৪ক—কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতি



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া গ্যাসটিকে শুষ্কাবস্থায় পারদের উপর সংগ্রহ করা যাইতে পারে।

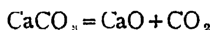
(১) এই প্রস্তুতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা সমীচীন নয়, কেননা প্রথমতঃ খানিকটা বিক্রিয়া হাওয়ার পরই উৎপন্ন অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম সালফেট মার্বেলের উপর জমিয়া বিক্রিয়াটি বন্ধ করিয়া দেয়। প্রয়োজনানুরূপ CO_2 পাওয়ার জন্য কিপ-যন্ত্র সচরাচর ব্যবহৃত হয়। উহার মধ্য-গোলকে মার্বেল পাথরের টুকরা থাকে এবং উপরে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দেওয়া হয়।

(২) সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে উহা বিযোজিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বিশুদ্ধ কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়ার ইহাই প্রশস্ত উপায়।



$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

(৩) ক্ষার-ধাতুর কার্বনেট এবং বেরিয়াম কার্বনেট ব্যতীত অন্যান্য সমস্ত কার্বনেটই উত্তাপে বিযোজিত হইয়া যায় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। চুনাপাথরই এইজন্য বেশী ব্যবহৃত হয় :—



$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

(৪) উৎসেচকের সাহায্যে চিনির কোহলজাতীয় সন্ধানের ফলেও (alcoholic fermentation) কার্বন ডাই-অক্সাইডের উদ্ভব হইয়া থাকে :—



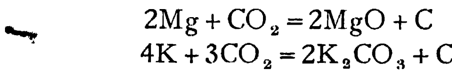
$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

(গ্লুকোজ) (কোহল)

২৪.৬। কার্বন ডাই-অক্সাইডের ধর্ম : (১) কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার একটি মৃদু-ঘ্রাণ এবং একটু অম্ল-স্বাদ

আছে। ইহার ঘনত্ব, ২২। কার্বন ডাই-অক্সাইড নিজে দাহ্য নয় এবং অপর কোন বস্তুর দহনেও সহায়ক নয়। এই জন্য ছোট ছোট অগ্নিকাণ্ড নির্বাপণ করিতে প্রায়ই কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। জলে CO_2 সামান্য দ্রবীভূত হয়।

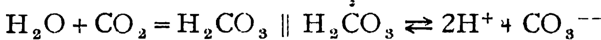
(২) কার্বন ডাই-অক্সাইড দহন সহায়ক না হইলেও জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম বা পটাসিয়াম এই গ্যাসে যথারীতি জ্বলিতে থাকে। উহার কারণ, পটাসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম দহন-কালে উষ্ণতা অত্যন্ত বৃদ্ধি পায় এবং তাহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন অক্সিজেন-সাহায্যে ম্যাগনেসিয়াম জ্বলিতে থাকে। দহনের ফলে CO_2 হইতে কালো কার্বন পাওয়া যায়। কার্বন ডাই অক্সাইড যে কার্বনের যৌগ ইহাই তাহার প্রমাণ।



$$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$$
$$4K + 3CO_2 = 2K_2CO_3 + C$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডের কোন বিষক্রিয়া নাই, কিন্তু উহাতে জীবজন্তু থাকিলে অক্সিজেন অভাবে শ্বাসকার্য বন্ধ হইয়া মারা যায়।

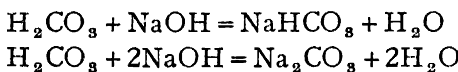
(৩) কার্বন ডাই-অক্সাইডের জলীয় দ্রবণটি অম্ল-জাতীয়। কার্বন ডাই-অক্সাইড জলের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বনিক অ্যাসিড নামক মৃদু অম্ল উৎপন্ন করে—



$$H_2O + CO_2 = H_2CO_3 \parallel H_2CO_3 \rightleftharpoons 2H^+ + CO_3^{--}$$

এবং এই জন্য কার্বন ডাই-অক্সাইডকে অনেক সময় কার্বনিক অ্যাসিড গ্যাসও বলা হয়।

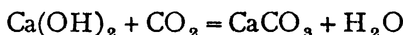
কেবল জলীয় দ্রবণেই কার্বনিক অ্যাসিড থাকে। জল হইতে পৃথক করিয়া বিশুদ্ধ কার্বনিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা সম্ভব নয়। কার্বনিক অ্যাসিড দ্বিক্ষারী অম্ল। উহা হইতে দুই প্রকার লবণ হয়—কার্বনেট ও বাইকার্বনেট।



$$H_2CO_3 + NaOH = NaHCO_3 + H_2O$$
$$H_2CO_3 + 2NaOH = Na_2CO_3 + 2H_2O$$

(৪) পূর্বেই বলা হইয়াছে, কার্বন-ডাই-অক্সাইড অম্লজাতীয় অক্সাইড। বিভিন্ন ক্ষার-দ্রবণ উহাকে শোষণ করে এবং উহার সহিত ক্রিয়া করিয়া কার্বনেট বা বাই-কার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে। বিশেষতঃ চুনের জলের সহিত বিক্রিয়ার

ফলে অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। ইহাতে স্বচ্ছ চুনের জল ঘোলাটে হইয়া যায়। এই প্রক্রিয়ার সাহায্যেই সর্বদা কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরীক্ষা করা হয়।



$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

কিন্তু অতিরিক্ত পরিমাণ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস যদি ক্রমাগত চুনের জলে পরিচালিত করা হয়, তাহা হইলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হইয়া যায়। ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট জলে দ্রবণীয়, সুতরাং ঘোলাটে চুনের জল আবার স্বচ্ছ হইয়া পড়ে। এই দ্রবণ ফুটাইলে আবার $CaCO_3$ পাওয়া যায়।



$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2$$



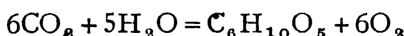
$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

(৫) লোহিততপ্ত কার্বন, অথবা উত্তপ্ত জিঙ্ক, আয়রন-চূর্ণ প্রভৃতির দ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।



$$CO_2 + C = 2CO \ ; \quad CO_2 + Zn = ZnO + CO$$

উদ্ভিদ-জগৎ বায়ু হইতে CO_2 গ্রহণ করে। সূর্যালোকে ক্লোরোফিল নামক প্রভাবকের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড বিজারিত হইয়া শর্করা-জাতীয় পদার্থে পরিণত হয় এবং অক্সিজেন নির্গত হয়।

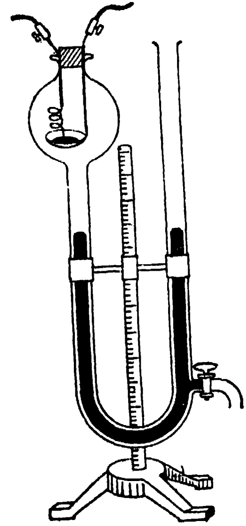


$$6CO_2 + 5H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6O_2$$

কার্বন ডাই-অক্সাইডের ব্যবহার ঃ সমস্ত উদ্ভিদ-জগতের বৃদ্ধি ও অস্তিত্বের জন্য কার্বন ডাই-অক্সাইডের একান্ত প্রয়োজন। হিমায়করূপে আজকাল প্রচুর পরিমাণ কঠিন কার্বন ডাই-অক্সাইড ব্যবহৃত হয়। অগ্নিনির্বাপণের কাজে এবং বাতান্বিত জল প্রস্তুত করিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের প্রয়োজন। সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করিতেও কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন হয়।

২৪-৭। কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি ও সঙ্কেত ঃ একটি গ্যাসমান যন্ত্রের সাহায্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন-সংযুতি নির্ধারিত হয়। অংশাঙ্কিত একটি U-নলের একটি প্রান্ত গোলকের আকৃতি-বিশিষ্ট করিয়া লওয়া হয়। এই গোলকের কাচের ছিপির ভিতর দিয়া দুইটি শক্ত কপারের তার ভিতরে প্রবেশ করান থাকে। একটি তারের শেষে গোলকের মধ্যস্থলে একটি ছোট চামচে থাকে। একটি সরু প্লাটিনাম-তারের

কুণ্ডলী দ্বারা এই চামচেটি কপারের অপর তারটির সহিত সংযুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। চামচের ভিতর একটুখানি বিশুদ্ধ কার্বন-চূর্ণ লওয়া হয়। U-নলের অপর বাহুটির নীচের দিকে একটি স্টপকক থাকে। U-নলটি প্রথমে পারদে ভরিয়া লওয়া হয়। অতঃপর পারদের উপরে, সম্পূর্ণ গোলকটি এবং U-নলের কিয়দংশ বিশুদ্ধ অক্সিজেনে পূর্ণ করিয়া লওয়া হয়। দুইটি বাহুর পারদ সমতলে আনিয়া ভিতরের অক্সিজেনকে বাহিরের বায়ুচাপে রাখা হয়। অতঃপর কপারের তার দুইটির বাহিরের প্রান্তদ্বয় একটি ব্যাটারীর সহিত জুড়িয়া দেওয়া হয়। তড়িৎ-প্রবাহের ফলে সরু প্লাটিনাম তারের কুণ্ডলীটি লোহিততপ্ত হইয়া উঠে। এই তাপে চামচের অঙ্গার-চূর্ণ অক্সিজেন সহযোগে প্রজ্বলিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। বিক্রিয়া-শেষে যন্ত্রটিকে ব্যাটারী হইতে মুক্ত করা হয় এবং শীতল করিয়া উহাকে পূর্বতন উষ্ণতায় ফিরাইয়া আনা হয়। উভয় বাহুতে পারদ সমতল করিলে দেখা যায়, কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের ফলে গ্যাসের আয়তনের কোন তারতম্য ঘটে নাই। অথচ খানিকটা অক্সিজেন ব্যয়িত হইয়াছে এবং তৎপরিবর্তে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হইয়াছে, আয়তনের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় নাই। সুতরাং ব্যয়িত অক্সিজেন এবং উৎপন্ন CO_2 গ্যাসের আয়তন সমান। অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডে সমায়তন পরিমাণ অক্সিজেন আছে।



চিত্র—CO_2-এর সংযুতি-নির্ণয়

সঙ্কেত ঃ দেখা যাইতেছে,

x ঘনসেন্টিমিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসে x ঘনসেন্টিমিটার অক্সিজেন থাকে।

∴ ১ ঘন·······························১······························।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পানুযায়ী, মনে কর প্রতি ঘনসেন্টিমিটার যে কোন গ্যাসের উক্ত অবস্থায় অণুসংখ্যা $= n$।

∴ n সংখ্যক কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে n সংখ্যক অক্সিজেন অণু থাকে,

∴ ১টি·······························১টি······························।

অতএব, ১টি·······························২টি অক্সিজেন পরমাণু থাকে,

∴ এই দ্বিযৌগিক পদার্থের সঙ্কেত ধরা যাইতে পারে, C_xO_2।

তাহা হইলে উহার আণবিক গুরুত্ব হইবে, $x \times ১২ + ২ \times ১৬$।

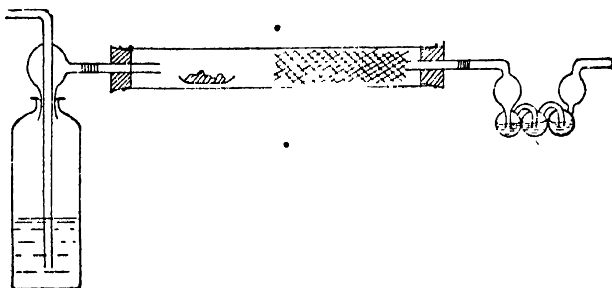
কিন্তু, কার্বন ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব ২২,

অর্থাৎ আণবিক গুরুত্ব, $২ \times ২২ = ৪৪$

$\therefore$ $x \times ১২ + ২ \times ১৬ = ৪৪$, অর্থাৎ $x = ১$।

সুতরাং, কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্কেত হইবে, CO_2।

২৪-৮। কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন-সংযুতি: একটি পর্সেলীন বোটে অল্প একটু বিশুদ্ধ অঙ্গারচূর্ণ ওজন করা হয়। বোটটি একটি মোটা কাচের নলের ভিতরে এক প্রান্তে রাখা হয় এবং সেই নলটির বাকী অংশটি কপার অক্সাইডে পূর্ণ থাকে। নলটির দুইটি মুখ কর্কদ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। গ্যাস চলাচলের জন্য এই দুই কর্কের ভিতর দুইটি সরু নল লাগান থাকে। যেদিকে কার্বন-পূর্ণ বোটটি থাকে, সেইদিক হইতে শুষ্ক এবং পরিশুদ্ধ অক্সিজেন গ্যাস ভিতরে পরিচালনা করা হয়। এই অক্সিজেন ভিতরের বায়ুকে অপর দিক দিয়া বাহির করিয়া দেয়। একটি ছোট বালব কস্টিক পটাস দ্রবণে আংশিক পূর্ণ করিয়া ওজন করা হয় এবং উহাকে নির্গম-নলের সহিত জুড়িয়া দেওয়া হয়। অতঃপর বড় নলটিকে একটি চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয় এবং অক্সিজেন প্রবাহ চলিতে থাকে। কার্বন পুড়িয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। অক্সিজেন দ্বারা চালিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড আসিয়া পটাস বালবে প্রবেশ করে এবং উহাতে বিশোষিত হইয়া থাকে। এইভাবে সম্পূর্ণ কার্বন উহার



চিত্র ২৬৬—কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন-সংযুতি

অক্সাইডে পরিণত করিয়া বালবে সংগ্রহ করা হয়। যদি কোন কার্বন মনোক্সাইড হয় তাহা হইলে উহাকে ডাই-অক্সাইডে জারিত করার জন্য নলে কপার অক্সাইড দেওয়া হয়। প্রক্রিয়াশেষে চুল্লীটি নিভাইয়া দেওয়া হয়, কিন্তু শীতল না হওয়া পর্যন্ত অক্সিজেন-প্রবাহ চলিতে থাকে। অতঃপর বালবটি খুলিয়া উহার ওজন

লওয়া হয়। উহার ওজন বৃদ্ধি হইতে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ জানা যায়।

গণনা ঃ পর্সেলীন বোটের ওজন = w_1 গ্রাম

কার্বন-সহ পর্সেলীন বোটের ওজন = w_2 গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে পটাস-বালবের ওজন = w_3 গ্রাম

পরীক্ষার পরে পটাস-বালবের ওজন = w_4 গ্রাম

∴ কার্বনের ওজন = $w_2 - w_1$ গ্রাম।

এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন = $w_4 - w_3$ গ্রাম।

সুতরাং $(w_2 - w_1)$ গ্রাম কার্বনের সহিত $(w_4 - w_3) - (w_2 - w_1)$ গ্রাম অক্সিজেন মিলিত হইয়াছে। সর্বদাই দেখা যায়, কার্বন ও অক্সিজেনের ওজনের এই অনুপাতটি—

কার্বন : অক্সিজেন = ১ : ২·৬৭

অর্থাৎ, কার্বন ডাই-অক্সাইডে, মৌল দুইটির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত

$C : O = \frac{১}{১২} : \frac{২·৬৭}{১৬}$ [∵ C = ১২, O = ১৬]

= ·০৮৩ : ·১৬৬ = ১ : ২

∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের স্থূল সঙ্কেত হইবে CO_2।

মনে কর, উহার আণবিক সঙ্কেত $[CO_2]_x$

তাহা হইলে, উহার আণবিক গুরুত্ব হইবে, $x \times ১২ + ২x \times ১৬$।

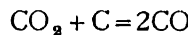
কিন্তু উহার ঘনত্ব ২২, অতএব উহার আণবিক গুরুত্ব = ৪৪

∴ $x \times ১২ + ২x \times ১৬ = ৪৪$, অর্থাৎ $x = ১$

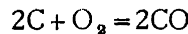
∴ কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্কেত, CO_2।

২৪-৯। কার্বন মনোক্সাইড, CO ঃ সাধারণ অবস্থায় প্রকৃতিতে কার্বন মনোক্সাইড প্রায় দেখাই যায় না। আগ্নেয়গিরি হইতে নির্গত গ্যাসে খুব অল্প পরিমাণ কার্বন মনোক্সাইড থাকে।

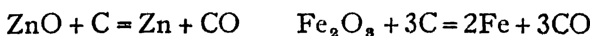
প্রস্তুতি ঃ (১) প্রায় ১০০০° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তাপিত কার্বনের উপর দিয়া ধীরে ধীরে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহিত করিলে উহা কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয় ঃ—


$$CO_2 + C = 2CO$$

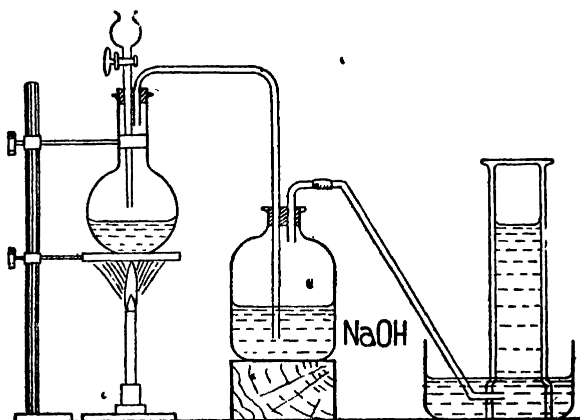
(২) অনতিরিক্ত বাতাসে বা অক্সিজেনে কার্বন বা কয়লা পোড়াইলে কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় ঃ—


$$2C + O_2 = 2CO$$

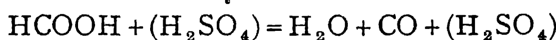
(৩) জিঙ্ক অক্সাইড, আয়রন অক্সাইড প্রভৃতি কোন কোন ধাতব অক্সাইড অঙ্গারের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে উহারা বিজারিত হইয়া যায় এবং কার্বন মনোক্সাইড উপজাত হয় ঃ—


$$ZnO + C = Zn + CO \qquad Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

(৪) **ল্যাবরেটরী পদ্ধতি :** ল্যাবরেটরীতে সাধারণতঃ উষ্ণ ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহায়তায় ফরমিক অ্যাসিড হইতে কার্বন মনোক্সাইড তৈয়ারী করা হয়। একটি বিন্দুপাতী-ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা ফরমিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণ গরম সালফিউরিক অ্যাসিডের উপর ফেলা হয়। ইহাতে ফরমিক অ্যাসিড বিযোজিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড যথারীতি জলের উপর সঞ্চিত করা যাইতে পারে। অনেক সময় গ্যাসটির সহিত কিঞ্চিৎ SO_2 ও CO_2 মিশ্রিত থাকে বলিয়া উহাকে কস্টিক পটাস বা সোডার দ্রবণের ভিতর দিয়া পরিচালিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয় (চিত্র ২৪খ)।



চিত্র ২৪খ—কার্বন মনোক্সাইড প্রস্তুতি



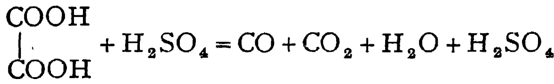
$$HCOOH + (H_2SO_4) = H_2O + CO + (H_2SO_4)$$

ফরমিক অ্যাসিড

বস্তুতঃ, এই বিক্রিয়াতে সালফিউরিক অ্যাসিডের কোন পরিবর্তন ঘটে না। উহা কেবলমাত্র নিরুদকের কাজ করে এবং ফরমিক অ্যাসিড হইতে জল বিচ্ছিন্ন করিয়া উহাকে কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত করে।

বিচুর্ণ অক্সালিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া একটি কূপীতে উত্তপ্ত করিলেও কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উভয়েই উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন গ্যাস কস্টিক পটাস দ্রবণের ভিতর দিয়া পরি-

চালিত করিলে কস্টিক পটাস কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া লয় এবং বিশুদ্ধ কার্বন মনোক্সাইড পাওয়া যায়।


$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + H_2SO_4 = CO + CO_2 + H_2O + H_2SO_4$$

(অক্সালিক অ্যাসিড)

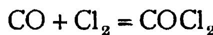
২৪-১০। কার্বন মনোক্সাইডের ধর্মঃ (১) কার্বন মনোক্সাইড বর্ণহীন, স্বাদহীন মৃদুগন্ধযুক্ত গ্যাস। কার্বন মনোক্সাইডের জলে অদ্রবণীয় কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কিংবা অ্যামোনিয়াযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে কার্বন মনোক্সাইড সহজেই দ্রবীভূত হয়।

কার্বন মনোক্সাইড একটি বিষ। যে বাতাসে শতকরা ·০৬ ভাগ কার্বন মনোক্সাইড আছে, তাহা কিছুক্ষণ প্রশ্বাসের সহিত গ্রহণ করিলেই মৃত্যু হওয়ার সম্ভাবনা।

(২) কার্বন মনোক্সাইড অপর বস্তুর দহন-সহায়ক নয়, কিন্তু উহা নিজেই দাহ্য। বাতাস বা অক্সিজেনে উহা একটি ঈষৎ নীল শিখাসহ জ্বলিতে থাকে।


$$2CO + O_2 = 2CO_2 + 136 \text{ Cals.}$$

(৩) অন্যান্য পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া ইহা সহজেই যুত-যৌগিকের সৃষ্টি করে। যথা ঃ—(ক) সূর্যালোকে বা সক্রিয় কার্বনের প্রভাবে, কার্বন মনোক্সাইড ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া কার্বনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।


$$CO + Cl_2 = COCl_2$$

(খ) বাষ্পীভূত সালফারের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড কার্বনিল সালফাইডে পরিণত হয় ঃ—$CO + S = COS$

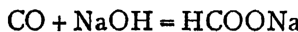
(গ) আয়রন, নিকেল, মলিবডিনাম প্রভৃতি ধাতুর সহিত উষ্ণ অবস্থায় কার্বন মনোক্সাইড যুক্ত হইয়া বিভিন্ন ধাতব-কার্বনিল যৌগের সৃষ্টি করে ঃ—


$$Ni + 4CO = Ni(CO)_4 \quad \text{[নিকেল কার্বনিল]}$$


$$Fe + 4CO = Fe(CO)_4$$


$$Fe + 5CO = Fe(CO)_5 \quad \text{[আয়রন কার্বনিল]}$$

(৪) প্রায় ২০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় অতিরিক্ত চাপে কার্বন মনোক্সাইড কঠিন কস্টিক সোডার সহিত যুক্ত হয় এবং সোডিয়াম ফরমেট পাওয়া যায় ঃ—


$$CO + NaOH = HCOONa$$

(৫) বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড হইতে ধাতু-নিষ্কাশনে অথবা স্টীম হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদনে (বস-প্রণালীতে) কার্বন-মনোক্সাইডের বিজারণ-ক্রিয়া দেখা যায় ঃ—

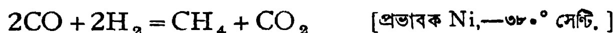


$$PbO + CO = Pb + CO_2 \quad \| \quad CuO + CO = Cu + CO_2$$

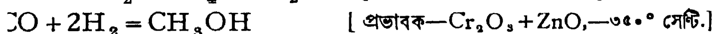


$$H_2O + CO = H_2 + CO_2$$

কিন্তু বিভিন্ন প্রভাবকের সাহায্যে কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয়। যথা ঃ—



$$2CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2$$ [প্রভাবক Ni,—৩৮০° সেণ্টি.]



$$CO + 2H_2 = CH_3OH$$ [প্রভাবক—$Cr_2O_3 + ZnO$,—৩৫০° সেণ্টি.]

২৪-১১। কার্বন মনোক্সাইডের পরীক্ষা ঃ (১) কার্বন মনোক্সাইড নীল শিখা সহকারে জ্বলিয়া থাকে এবং উহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডে দ্রবণীয়। এই দুইটি গুণের সাহায্যে এই গ্যাসটিকে সাধারণতঃ চেনা যায়। (২) বিশুদ্ধ রক্তের এবং কার্বন মনোক্সাইড যুক্ত রক্তের পটি-বর্ণালী (Band spectrum) ভিন্ন রকমের। সুতরাং পটি-বর্ণালীটি পরীক্ষা করিয়া কার্বন মনোক্সাইডের অস্তিত্ব জানা যাইতে পারে।

পঞ্চত্রিংশ অধ্যায়

জৈব পদার্থ

২৫-১। জৈব-রসায়ন : চিনি, তৈল, মাখন, ঘৃত, ময়দা, স্পিরিট, আটা ইত্যাদির ব্যবহার বহু প্রাচীনকাল হইতে চলিয়া আসিতেছে। ধূপ, রঞ্জকদ্রব্য, গন্ধদ্রব্য প্রভৃতির প্রচলনও বহুদিনের। এই সমস্ত বস্তুই উদ্ভিদ্ বা জীবজগৎ হইতে পাওয়া যাইত। সুতরাং তখনকার দিনে লোকে মনে করিত, এই সকল পদার্থ প্রাণশক্তির সাহায্যে জীবদেহে বা উদ্ভিদদেহেই কেবল পাওয়া সম্ভব। সুতরাং এই সকল বস্তুকে জৈব পদার্থ বলা যাইতে পারে। পক্ষান্তরে চুন, লবণ, সোরা, হীরাকস, ফিটকারী ইহারা খনিজ দ্রব্য। অষ্টাদশ শতাব্দীতে ল্যাভয়সিয়র প্রমাণ করেন যে যাবতীয় জৈবপদার্থই কার্বন-ঘটিত যৌগ। কার্বনের সহিত অধিকাংশ ক্ষেত্রেই হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন যুক্ত থাকে। সময় সময় নাইট্রোজেন, সালফার অথবা হ্যালোজেন ইত্যাদিও যুক্ত থাকিতে পারে। ১৮২৮ খ্রীষ্টাব্দে উলার (Wöhler) খনিজ-উদ্ভূত অ্যামোনিয়াম সায়ানেট হইতে ইউরিয়া (Urea) নামক জৈব পদার্থ প্রস্তুত করেন। ইহার ফলে, প্রাণ-শক্তির অভাবে জৈব পদার্থ সৃষ্টি হইতে পারে না, এই অন্ধবিশ্বাস দূরীভূত হইল। তাহার পর ল্যাবরেটরীতেই শত শত জৈব পদার্থ প্রস্তুত হইয়াছে। সুতরাং জৈব পদার্থ বলিতে আমরা এখন কার্বন-ঘটিত পদার্থই বুঝি। কার্বন-যুক্ত যৌগের রাসায়নিক আলোচনাই জৈব-রসায়ন।

কার্বনের অক্সাইডদ্বয় এবং কার্বনেটগুলিকে সাধারণতঃ অজৈব রসায়নের অন্তর্গত বলিয়া ধরা হয়।

মৌলসমাজে কার্বনের একটি বিশেষ গুরুত্ব আছে। (১) কার্বনের যৌগিক পদার্থের সংখ্যা দশ লক্ষেরও অধিক। আর কোন মৌলের এত অধিকসংখ্যক যৌগ নাই। অন্যান্য সমস্ত মৌলের সবগুলি যৌগ ধরিলে লক্ষাধিকও হইবে না। (২) কার্বনের বিভিন্ন শ্রেণীর যৌগের ভিতর সাদৃশ্য খুব বেশী। এই শ্রেণীগত সাদৃশ্যের জন্য উহাদের পরিচয় সহজলভ্য। যেমন, সমস্ত কোহলের ধর্ম একই রকম। (৩) প্রায়ই একই সঙ্কেত দ্বারা বহু বিভিন্ন জৈব পদার্থের প্রকাশ সম্ভব।

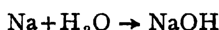
উহাদের সংযুক্তি কেবল বিভিন্ন রকমের (Isomerism)। যথা, ১৩৫টি বিভিন্ন জৈব পদার্থের একই সঙ্কেত $C_{10}H_{18}O_3N$। (৪) প্রায়ই এই জৈব পদার্থের অণুগুলিতে বহুসংখ্যক পরমাণু থাকে। যেমন, স্টার্চের অণুর সঙ্কেত মোটামুটি $C_{1200}H_{2000}O_{1000}$।

এই সকল কারণে কার্বনের যৌগগুলিকে পৃথকভাবে আলোচনা করা হয় এবং রসায়নের এই শাখাটি **জৈব-রসায়ন।**

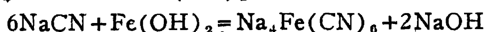
২৫-২। জৈব পদার্থের বিভিন্ন মৌলের অস্তিত্ব নির্ধারণ ঃ কার্বন ও হাইড্রোজেন ঃ একটি টেস্টটিউবে জৈব পদার্থটি সমপরিমাণ কপার অক্সাইড সহ উত্তপ্ত করা হয়। জারণের ফলে জৈব পদার্থের কার্বন ও হাইড্রোজেন হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। জল টিউবের শীতল অংশে ঘনীভূত হয়। প্রয়োজন হইলে অনার্দ্র কপার-সালফেট দ্বারা উহা প্রমাণ করা যায়। কার্বন ডাই-অক্সাইড টেস্টটিউব হইতে একটি নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। এই গ্যাসটিকে পরিস্রুত চুনের জলে প্রবাহিত করিলে উহা ঘোলাটে হইয়া যায়। কার্বন ডাই-অক্সাইডের অস্তিত্ব এইরূপে জানা যায়।

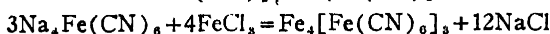
নাইট্রোজেন ঃ এক ছোট পাতলা টেস্টটিউবে একটুখানি পদার্থ একটু ধাতব সোডিয়াম সহ খুব উত্তপ্ত করা হয়। সোডিয়াম গলিয়া গিয়া পদার্থটির সঙ্গে বিক্রিয়া করে ও সোডিয়াম সায়ানাইড উৎপন্ন হয়। একটি পর্সেলীনের খলে খানিকটা ঠাণ্ডা জল লইয়া উত্তপ্ত টেস্টটিউবটি পদার্থ সহ ডুবাইয়া দেওয়া হয়। পদার্থটিকে ভাল করিয়া দণ্ডদ্বারা বিচূর্ণ করা হয় এবং পরে পরিস্রাবিত করিয়া একটি স্বচ্ছ দ্রবণ সংগ্রহ করা হয়। একটি টেস্টটিউবে এই দ্রবণ একটুখানি লইয়া সামান্য ফেরাস সালফেট দ্রবণ দিয়া ২।৩ মিনিট ফুটান হয়। তৎপর উহাতে HCl দিয়া আম্লিক দ্রবণে পরিণত করিয়া ফেরিক ক্লোরাইড মিশাইলে গাঢ় নীল রঙের অধঃক্ষেপ বা দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাতেই নাইট্রোজেন উপস্থিতি প্রমাণিত হয়। কারণ ঃ—


জৈবপদার্থ + $Na \rightarrow NaCN$

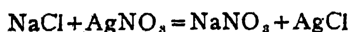

$Na + H_2O \rightarrow NaOH$


$FeSO_4 + NaOH \rightarrow Fe(OH)_2.$


$$6NaCN + Fe(OH)_2 = Na_4Fe(CN)_6 + 2NaOH$$

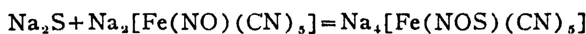

$$3Na_4Fe(CN)_6 + 4FeCl_3 = Fe_4[Fe(CN)_6]_3 + 12NaCl$$

হ্যালোজেন ঃ সোডিয়ামের সহিত গলাইয়া যে স্বচ্ছ দ্রবণটি পাওয়া গিয়াছে, হ্যালোজেন থাকিলে সেই দ্রবণটি পরীক্ষা করিলেই জানা যাইতে পারে। এই দ্রবণটি প্রথমতঃ নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাইয়া ফুটান হয়। উহার ফলে H_2S, HCN প্রভৃতি চলিয়া যায়। অতঃপর উহাতে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ দিলে সাদা অথবা হলুদ অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। এই অধঃক্ষেপ AgCl, AgBr, AgI হইবে। অ্যামোনিয়াতে উহার দ্রাব্যতা পরীক্ষা করিয়া কোন্ হ্যালোজেন আছে জানা যাইতে পারে।


$$NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl$$

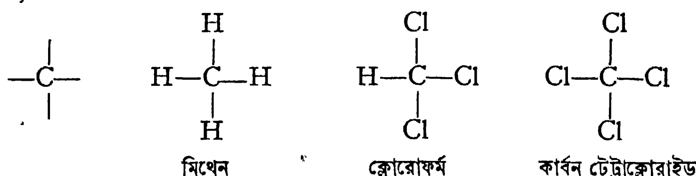
সালফার ঃ পূর্বের মতই সোডিয়াম সহযোগে পদার্থটি গলাইয়া লইয়া উহার জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়। পদার্থটিতে সালফার থাকিলে উহা হইতে Na_2S উৎপন্ন হইবে। এই দ্রবণের

একটুখানি লইয়া এক ফোঁটা সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড দিলে বেগুনী রং ধারণ করিবে। তাহাতে সালফারের অস্তিত্ব প্রমাণিত হইবে।

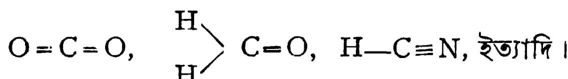


$$Na_2S + Na_2[Fe(NO)(CN)_5] = Na_4[Fe(NOS)(CN)_5]$$

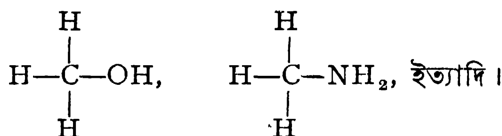
২৮-৩। জৈব পদার্থের শ্রেণীবিভাগঃ কার্বন পরমাণুর কতকগুলি বৈশিষ্ট্য আছে—কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা চার, অর্থাৎ একটি কার্বন পরমাণুর সহিত অপর চারিটি একযোজী পরমাণু মিলিত হইতে পারে। যেমন,



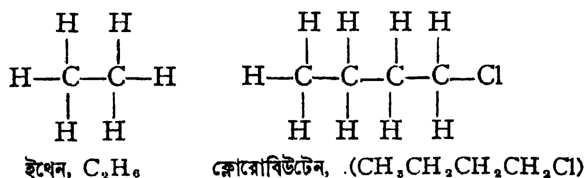
যদি দ্বিযোজী বা ত্রিযোজী মৌলের পরমাণু কার্বনের সহিত যুক্ত হয় তবে কার্বনের একাধিক যোজ্যতা এই সংযোগে অংশ গ্রহণ করিবে। যেমন,



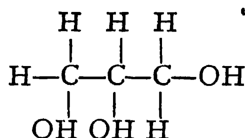
কার্বনের যোজ্যতাগুলি পরমাণুর পরিবর্তে কোনও যৌগমূলক দ্বারাও সম্পৃক্ত হইতে পারে।



কার্বন পরমাণুর আর একটি বিশেষ গুণ আছে যাহা অন্যান্য পরমাণুতে প্রায় দেখাই যায় না। যৌগসৃষ্টির সময় একাধিক কার্বন পরমাণু পরস্পরের সহিত নিজেদের যোজকের সাহায্যে সংযুক্ত হইতে পারে। এই ভাবে যৌগিক পদার্থের একটি অণুতে বহুসংখ্যক কার্বন-পরমাণুর সংযুক্ত হওয়ার সম্ভাবনা। যথা,

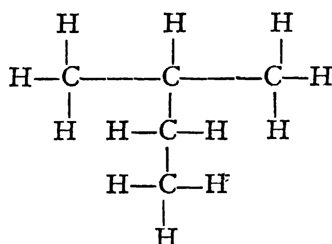


ইথেন, C_2H_6 ক্লোরোবিউটেন, $(CH_3CH_2CH_2CH_2Cl)$



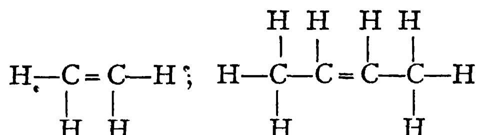
গ্লিসারিন ($CH_2OH-CHOH-CH_2OH$)

এইরূপ কার্বন-শৃঙ্খল বা সারিতে ৮০।৯০টি কার্বন-পরমাণুও থাকিতে পারে। আবার অনেক অণুতে কার্বন-সারিগুলির শাখাবিস্তারও সম্ভব। যথা,

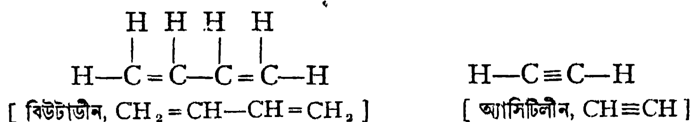


(আইসো-পেন্টেন, C_5H_{10})

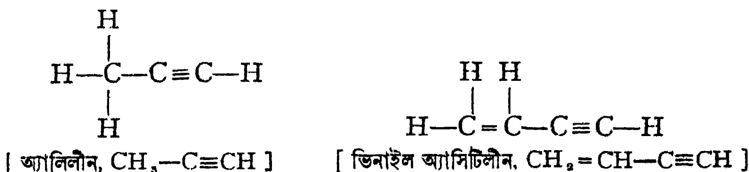
কার্বন-পরমাণুগুলির পরস্পরের সহিত সংযোগকালে উহাদের একাধিক যোজকও অংশগ্রহণ করিতে পারে। অর্থাৎ দুইটি বা তিনটি যোজকের সাহায্যেও দুইটি কার্বন-পরমাণু মিলিত হইতে পারে। যেমন ঃ—



[ইথিলীন, C_2H_4] [বিউটিলীন, $CH_3CH=CHCH_3$]



[বিউটাডীন, $CH_2=CH-CH=CH_2$] [অ্যাসিটিলীন, $CH\equiv CH$]

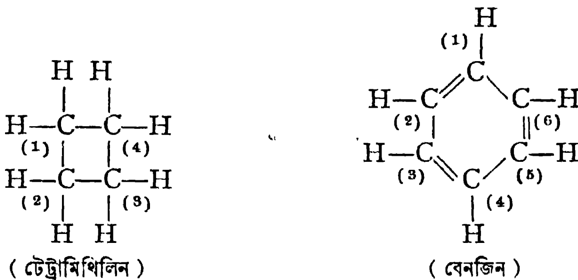


[অ্যালিলীন, $CH_3-C\equiv CH$] [ভিনাইল অ্যাসিটিলীন, $CH_2=CH-C\equiv CH$]

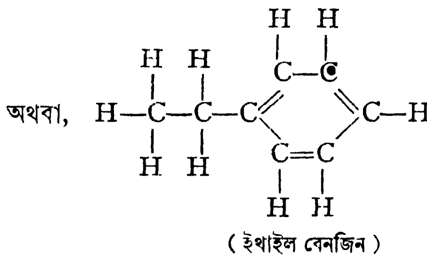
অতএব, এই সকল অণুতে দুইটি কার্বনের ভিতর দ্বিবন্ধ (double bond) বা ত্রিবন্ধ (triple bond) দ্বারা মিলন সংঘটিত হইয়াছে। একটি অণুতে

একাধিক দ্বিবন্ধ বা ত্রিবন্ধ থাকিতে পারে। কিন্তু অণুর প্রত্যেকটি কার্বন-পরমাণুর যোজ্যতা সর্বদাই চার হইবে।

আমরা এ পর্যন্ত যে সকল অণু লইয়া আলোচনা করিয়াছি, উহাতে কার্বন পরমাণুগুলি যোজকের দ্বারা উহাদের পার্শ্ববর্তী পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয় এবং কার্বন সারি (carbon chain) রচনা করে। কিন্তু অনেক ক্ষেত্রে কোন কোন কার্বন-পরমাণুর একটি যোজক সারিতে দূরবর্তী কোন পরমাণুর যোজকের সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে। ফলে, কার্বন-পরমাণুগুলি একটি বৃত্তাকার সারি সৃষ্টি করে। যেমন,



(টেট্রামিথিলিন) (বেনজিন)



(ইথাইল বেনজিন)

অতএব, কার্বন-যৌগগুলি দুই রকমের।

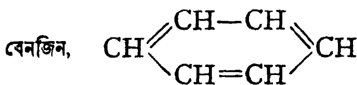
(১) **সারবন্দী কার্বন যৌগ** (Open chain): যেমন—



হেক্সেন, $CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$

প্রকৃতিজাত স্নেহজাতীয় পদার্থগুলি সচরাচর এইরূপ সারবন্দী কার্বনের যৌগ। এইজন্য এই সকল যৌগকে অনেক সময় **"স্নেহজ জৈব পদার্থ" (aliphatic organic compounds)** বলা হয়।

(২) **বৃত্তাকার কার্বন যৌগ (Cyclic compounds)**: যেমন—



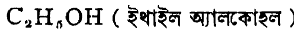
এইজাতীয় যৌগগুলির প্রায়ই বিশিষ্ট গন্ধ থাকার জন্য উহাদিগকে "গন্ধবহ জৈব পদার্থ" (aromatic organic compounds) বলা হয়।

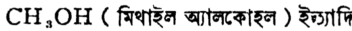
বৃত্তাকার এবং সারবন্দী যৌগগুলির অবস্থাগত এবং রাসায়নিক ধর্মের অনেক পার্থক্য দেখা যায়। এইজন্য উহাদের পৃথকভাবে আলোচনা করা হয়।

এতদ্ব্যতীত, কার্বন যৌগগুলির উপাদান বা মূলক অনুযায়ী উহাদের বিভিন্ন গোষ্ঠীতে বিভক্ত করা হইয়াছে।

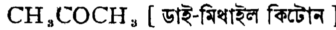
(১) কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বিযৌগিক পদার্থগুলিকে হাইড্রোকার্বন বলা হয়, যেমন, C_2H_6 (ইথেন)।

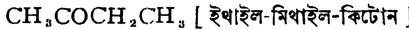
(২) অণুতে OH-মূলক থাকিলে উহাদের অ্যালকোহল বা কোহল বলা হয়। যেমন,


C_2H_5OH (ইথাইল অ্যালকোহল)

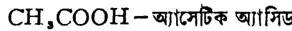

CH_3OH (মিথাইল অ্যালকোহল) ইত্যাদি

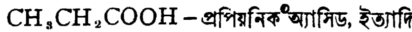
(৩) $-CO$-মূলক সমন্বিত যৌগকে কিটোন বলা হয়, যেমন,


CH_3COCH_3 [ডাই-মিথাইল কিটোন]

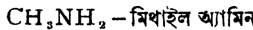

$CH_3COCH_2CH_3$ [ইথাইল-মিথাইল-কিটোন]

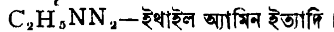
(৪) $-COOH$-মূলক যুক্ত যৌগগুলিকে জৈবাম্ল বা জৈব অ্যাসিড বলা হয়, যেমন


CH_3COOH – অ্যাসেটিক অ্যাসিড


CH_3CH_2COOH – প্রপিয়নিক অ্যাসিড, ইত্যাদি

(৫) $-NH_2$-মূলক সংযুক্ত যৌগসমূহকে বলে "অ্যামিন"। যথা,


CH_3NH_2 – মিথাইল অ্যামিন

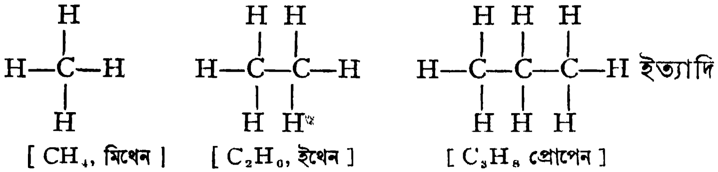

$C_2H_5NN_2$—ইথাইল অ্যামিন ইত্যাদি।

এইরূপ নানা রকম গোষ্ঠীতে উহাদের শ্রেণীবদ্ধ করিয়া লওয়া হইয়াছে। প্রত্যেক গোষ্ঠীর মোটামুটি ধর্মগুলি একই রকমের। সুতরাং এইরূপ শ্রেণীবিভাগে আলোচনার বিশেষ সুবিধা হইয়াছে। পরবর্তী পৃষ্ঠাগুলিতে আমরা ইহাদের কতকগুলি সরল যৌগের আলোচনা করিব।

হাইড্রোকার্বন

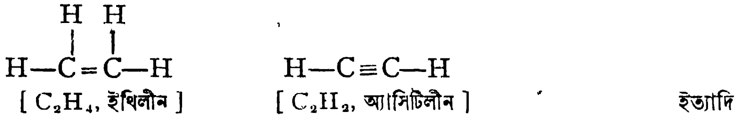
২৫-৪। হাইড্রোকার্বনঃ কার্বন ও হাইড্রোজেনের দ্বিযৌগিক পদার্থগুলি হাইড্রোকার্বন। হাইড্রোকার্বন সাধারণতঃ দুইশ্রেণীর—(১) পরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন (Saturated Hydrocarbons), (২) অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন (Unsaturated Hydrocarbons)। পরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সমস্ত কার্বন পরমাণুগুলিই পরস্পরের সহিত একটি যোজকের সাহায্যে মিলিত থাকে

এবং বাকী যোজ্যতাগুলির সাহায্যে হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে, যথা :—



[CH_4, মিথেন] [C_2H_6, ইথেন] [C_3H_8 প্রোপেন]

কিন্তু অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বনের অণুতে কোন দুইটি কার্বন পরমাণু দ্বিবন্ধ অথবা ত্রিবন্ধের দ্বারা মিলিত থাকে এবং অন্যান্য যোজকের সহিত হাইড্রোজেন পরমাণু যুক্ত থাকে। যথা :—



[C_2H_4, ইথিলীন] [C_2H_2, অ্যাসিটিলীন] ইত্যাদি

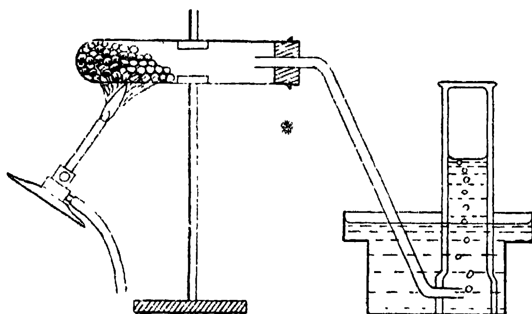
অপরিপৃক্ত যৌগগুলি অস্থায়ী ধরণের এবং সুযোগ ও সুবিধা পাইলেই পরিপৃক্ত যৌগে পরিণত হয়।

২৫-৫। পরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন : মিথেন, CH_4 : কার্বনের সমস্ত জৈবজাতীয় যৌগের ভিতর মিথেনকেই সর্বাপেক্ষা সরল বলিয়া ধরা হয়। উহার অণুতে একটিমাত্র কার্বন আছে। মিথেন একটি গ্যাসীয় পদার্থ।

পেট্রোলিয়ামের খনি হইতে নির্গত গ্যাসকে 'ন্যাচারেল গ্যাস' (Natural gas) বলে এবং উহাতে প্রচুর পরিমাণ 'মিথেন' থাকে। কয়লার খনি হইতে নিষ্ক্রান্ত গ্যাসেও স্বল্প পরিমাণ 'মিথেন' দেখা যায়। পুকুর, ডোবা প্রভৃতি আবদ্ধ জলাভূমি হইতেও মিথেন গ্যাস বাহির হয়। পচা-পানা ও অন্যান্য জলজ-উদ্ভিদের বিযোজনের ফলে এই গ্যাস সেখানে উৎপন্ন হয়। জলাভূমিতে এই গ্যাস উৎপন্ন হয় বলিয়া ইংরেজীতে উহাকে "মার্শ গ্যাস" (Marsh gas) বলে। ইহার সহিত একটু ফসফিন মিশ্রিত থাকে বলিয়া বাতাসে উহা জ্বলিয়া ওঠে এবং প্রচণ্ড আগুনের সৃষ্টি করে। দূর হইতে উহাকেই আলেয়া বলিয়া মনে হয়। কয়লার খনিতে মাঝে মাঝে ভীষণ অগ্নিকাণ্ড হয়। তাহারও মূলে এই দাহ্যবস্তু মিথেন।

প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : (১) বিশুদ্ধ সোডিয়াম অ্যাসিটেট উহার ওজনের তিনগুণ পরিমাণ সোডালাইমের সহিত মিশ্রিত করিয়া একটি কাচের শক্ত টেস্টটিউবে বা তামার কুপীতে উত্তপ্ত করিলেই মিথেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

[উপযুক্ত পরিমাণ কস্টিকসোডা দ্রবণে কলিচুন ফুটাইয়া শুকাইয়া লইলেই সোডালাইম পাওয়া যায়।] উৎপন্ন মিথেন গ্যাস জলের অধোভ্রংশের দ্বারা



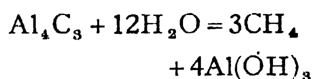

চিত্র ২৫ক—মিথেন প্রস্তুতি

গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়। ইহার সহিত কিছু হাইড্রোজেন ও ইথিলীন গ্যাস মিশ্রিত থাকে। (চিত্র ২৫ ক)।

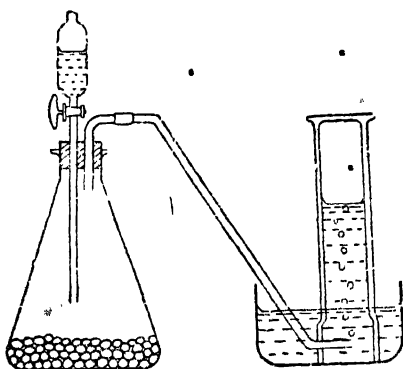
$$CH_3COONa + NaOH = CH_4 + Na_2CO_3$$

[সোডিয়াম অ্যাসিটেট]

(২) সাধারণ উষ্ণতায় অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের উপর জলের বিক্রিয়ার ফলেও মিথেন প্রস্তুত করা যাইতে পারে (চিত্র ২৫খ)।



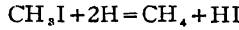
$$Al_4C_3 + 12H_2O = 3CH_4 + 4Al(OH)_3$$


চিত্র ২৫ খ—অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড হইতে মিথেন

(৩) বিশুদ্ধ মিথেন গ্যাস পাইতে হইলে জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা মিথাইল আয়োডাইডকে বিজারিত করিয়া লওয়া হয়। এই জায়মান হাইড্রোজেন তামা ও দস্তার যুগলের সাহায্যে তৈয়ারী করা হয়।

প্রথমে কপার সালফেট দ্রবণের সহিত দস্তা-রজ (zinc dust) মিশ্রিত করিলে দস্তার উপরে তামার একটি আবরণ পড়ে। এইভাবে দস্তা ও তামার যুগল প্রস্তুত হয়। উহাকে ভাল করিয়া ধুইয়া লইয়া একটি কূপীতে কোহলে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়। বিন্দুপাতী-ফানেল হইতে

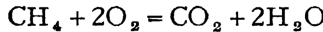
ফোঁটা ফোঁটা মিথাইল আয়োডাইডের কোহলীয় দ্রবণ কূপীর ভিতর ফেলা হয়। কোহল হইতে প্রথমে জায়মান হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং উহা মিথাইল আয়োডাইডকে বিজারিত করিয়া মিথেনে পরিণত করে :—



$$CH_3I + 2H = CH_4 + HI$$

মিথেনের সহিত উদ্বায়ী মিথাইল আয়োডাইডও খানিকটা মিশ্রিত থাকে, সেইজন্য উহাকে একটি শীতল U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া মিথাইল আয়োডাইড ঘনীভূত করিয়া পৃথক করা হয়। মিথেন যথারীতি জলের উপর সঞ্চিত করা হয় (চিত্র ২৫গ)।

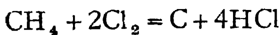
২৮-৬। মিথেনের ধর্ম : মিথেন বর্ণহীন গন্ধহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হালকা এবং জলে খুব সামান্য দ্রবীভূত হয়। ইহা দহন-সহায়ক নয়, কিন্তু নিজে দাহ্য। ইহার সহিত অক্সিজেন বা বায়ু মিশ্রিত করিয়া আগুন ধরাইয়া দিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়। মিথেন জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়।



$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

মিথেনের রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। কোন অ্যাসিড বা ক্ষারের দ্বারা ইহা মোটেই আক্রান্ত হয় না। কেবল ক্লোরিন ও ব্রোমিন ইহার সহিত বিক্রিয়া করিতে সমর্থ।

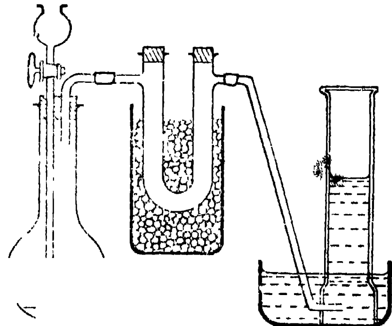
ক্লোরিন ও মিথেনের মিশ্রণে আগুন ধরাইয়া দিলে মিথেন বিযোজিত হইয়া কার্বনে পরিণত হয় এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$CH_4 + 2Cl_2 = C + 4HCl$$

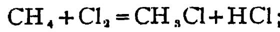
প্রখর সূর্যালোকে এই বিক্রিয়াটি আরও প্রচণ্ডতার সহিত সম্পন্ন হয়।

কিন্তু বিক্ষিপ্ত বা মৃদু আলোকে যদি মিথেন এবং ক্লোরিন গ্যাসের মিশ্রণ রাখিয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে মিথেনের হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি একে একে ক্লোরিন-দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইতে থাকে। ইহার ফলে পর পর চারিটি ভিন্ন ভিন্ন ক্লোরিন-যুক্ত যৌগ পাওয়া সম্ভব।



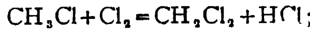
চিত্র ২৫গ—মিথাইল আয়োডাইড হইতে মিথেন প্রস্তুতি

প্রত্যেকটি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপনার সময় একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণুর সৃষ্টি হয়।



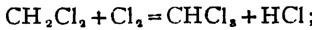
$$CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl + HCl;$$

[মিথাইল ক্লোরাইড]



$$CH_3Cl + Cl_2 = CH_2Cl_2 + HCl;$$

[মিথিলীন ক্লোরাইড]



$$CH_2Cl_2 + Cl_2 = CHCl_3 + HCl;$$

[ক্লোরোফর্ম]

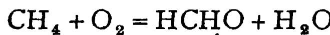


$$CHCl_3 + Cl_2 = CCl_4 + HCl;$$

[কার্বন টেট্রাক্লোরাইড]

এইরূপ বিক্রিয়াকে "প্রতিস্থাপন-ক্রিয়া" বলা হয় এবং উৎপন্ন পদার্থসমূহকে প্রতিস্থাপিত-পদার্থ বলা হয়। ব্রোমিনও এরূপ প্রতিস্থাপন ক্রিয়া করিতে সমর্থ, কিন্তু আয়োডিন পারে না।

ওজোনের সাহায্যে মিথেন জারিত হইয়া ফরম্যালডিহাইড নামক যৌগে পরিণত হয়। ইহার সাহায্যেই মিথেনের পরীক্ষা করা হয়।



$$CH_4 + O_2 = HCHO + H_2O$$

[ফরম্যালডিহাইড]

অন্যান্য পরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন যেমন ইথেন (C_2H_6), প্রোপেন (C_3H_8) ইত্যাদির ধর্মও মিথেনের অনুরূপ। এই সকল পরিপৃক্ত মুক্ত সারবন্দী হাইড্রোকার্বনগুলির অপর নাম প্যারাফিন। সাধারণ সাদা মোমও হাইড্রোকার্বন এবং এই গোষ্ঠীর অন্তর্গত।

২৫-৭। পেট্রোলিয়াম—মাটির নীচে যে তৈল পাওয়া যায় উহাকে পেট্রোলিয়াম বলে। মাটি খনন করিয়া দীর্ঘ নল বসাইয়া পাম্প-সাহায্যে এই তৈল উত্তোলন করা হয়। পেট্রোলিয়ামে নানা রকম পদার্থ থাকে তন্মধ্যে অধিক সংখ্যক কার্বন সমন্বিত প্যারাফিনই বেশী। পেট্রোলিয়াম উপরে তোলার পর, উহার মাটি, বালু প্রভৃতি থিতাইয়া গেলে, উহাকে একটি ট্যাঙ্ক হইতে পাতিত করা হয়। পাতিত পদার্থগুলিকে বিভিন্ন উষ্ণতায় সংগ্রহ করিয়া পৃথক পৃথক পদার্থ পাওয়া যায়, তন্মধ্যে কেরোসিনের পরিমাণ সবচেয়ে বেশী। কেরোসিনও কতকগুলি প্যারাফিনের মিশ্রণ। পাতনের ফলে প্রথমতঃ অত্যন্ত উদ্বায়ী কিছু গ্যাস সংগৃহীত হয়, তৎপর পেট্রোল, কেরোসিন প্রভৃতি বিভিন্ন উষ্ণতায় পাওয়া যায়। এই সকল পদার্থগুলিকে আবার পৃথক পৃথক আংশিক-পাতন করিয়া বিভিন্ন অংশে পরিণত করা হয়। এই সকল পাতনের ফলে যে সকল প্রয়োজনীয় দ্রব্য পাওয়া যায় তাহাদের তালিকা ও ব্যবহার এখানে উল্লিখিত হইল। পাতনশেষে খানিকটা কালো পিচ অনেক সময়ে ট্যাঙ্কে পাওয়া যায়।

পেট্রোলিয়াম-জাত পদার্থ

পাতন-উষ্ণতা	অণুর কার্বন সংখ্যা	পাতিত পদার্থ	মোটামুটি শতকরা ভাগ	ব্যবহার
(১) ৩০°C	$C_4—C_5$	সাইমোজেন গ্যাস	১৭%	হিমায়করূপে, জ্বালানীরূপে
(২) ৩০°—৬০°C	$C_5—C_6$	পেট্রোলিয়াম ইথার		চর্বি ও তৈলের দ্রাবকরূপে
(৩) ৭০°—১২০°C	$C_6—C_8$	পেট্রোল, গ্যাসোলীন		মোটরের জ্বালানীরূপে
(৪) ১২০°—১৫০°C	$C_8—C_9$	বেন্‌জাইন		দ্রাবক, পশম পরিষ্কারক
(৫) ১৫০°—৩০০°C	$C_{10}—C_{12}$	কেরোসিন	৫৪%	জ্বালানী ও আলোক উৎপাদক রূপে
(৬) ৩০০°Cএর উর্ধ্বে	--	পিচ্ছিল তৈল	১৮%	পিচ্ছিলকারক রূপে
(৭) কেরোসিন হইতে পৃথকীকৃত কঠিন পদার্থ গলনাঙ্ক ৫০°—৬০°	$C_{24}—C_{28}$	(১) মোম (২) ভেসেলীন	৫%	মোমবাতির জন্য ঔষধে ও যন্ত্রের মসৃণতায়

বিভিন্ন স্থানের পেট্রোলিয়ামের ভিতর এই পদার্থগুলির অনুপাত বিভিন্ন হয়। কোন কোন সময়ে পেট্রোলিয়াম হইতে বেনজিন বা ন্যাপথলিন জাতীয় বৃত্তাকার যৌগও পাওয়া যায়।

২৫-৮। সমগোত্রীয় যৌগ—ধারাবাহিকরূপে প্যারাফিনগুলির সঙ্কেত অনুধাবন করিলে দেখা যায় উহাদের ভিতর সর্বদাই একটি-CH_2-পরমাণুপুঞ্জের ব্যবধান আছে। যেমন :—

মিথেন—CH_4
ইথেন—CH_3CH_3
প্রোপেন—$CH_3CH_2CH_3$
বিউটেন—$CH_3CH_2CH_2CH_3$
পেণ্টেন—$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$
হেক্সেন—$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$ ইত্যাদি

অন্যান্য গোষ্ঠীতেও এইরূপ—CH_2-এর পার্থক্য লক্ষ্য করা যায়। যেমন, অ্যালকোহলে :—

মিথাইল অ্যালকোহল— CH_3OH
ইথাইল অ্যালকোহল— CH_3CH_2OH
প্রোপাইল অ্যালকোহল—$CH_3CH_2CH_2OH$
বিউটাইল অ্যালকোহল—$CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ ইত্যাদ

এইরূপ—CH_2-পার্থক্য বিশিষ্ট সমধর্মী যৌগগুলি এক গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত থাকে এবং ইহাদের সমগোত্রীয় বলা চলে (Homologous series)।

এক গোষ্ঠীর বিভিন্ন পদার্থগুলির মধ্যে সর্বদা একই পরমাণুর পার্থক্য (-CH_2-) থাকায় উহাদের জন্য একটি সাধারণ সঙ্কেত ব্যবহার করা যায়।

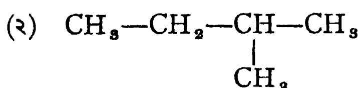
যেমন, সমস্ত প্যারাফিনের সাধারণ সঙ্কেত C_nH_{2n+2}; (n যে কোন পূর্ণসংখ্যা হইতে পারে)।

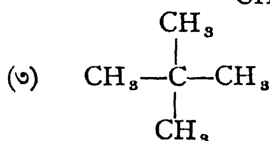
যথা $n=1$, CH_4 (মিথেন)

$n=2$, C_2H_6 (ইথেন) ইত্যাদি

২৫·৯। সমযোগী পদার্থ (Isomers): C_5H_{12} কার্বন ও হাইড্রোজেনের যৌগিক পদার্থ, সুতরাং উহা হাইড্রোকার্বন। এই একই সঙ্কেতের তিনটি হাইড্রোকার্বন আছে, যথা :—

(১) 
$CH_3—CH_2—CH_2—CH_2—CH_3$

(২) 
$CH_3—CH_2—CH(CH_3)—CH_3$

(৩) 
$CH_3—C(CH_3)_2—CH_3$

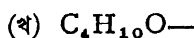
সঙ্কেত এক হইলেও ইহারা বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ এবং ইহাদের ধর্মও বিভিন্ন। অতএব দেখা যাইতেছে, বিভিন্ন পদার্থকে একই সঙ্কেত সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। এরকম এক সঙ্কেতযুক্ত বিভিন্ন পদার্থকে সমযৌগিক পদার্থ (Isomers) বলা যায়। বিভিন্ন পদার্থে পরমাণুর প্রতি-বিন্যাস অবশ্যই বিভিন্ন।

সমযৌগিক পদার্থগুলি যে একই গোষ্ঠীভুক্ত হইতে হইবে এমন কোন নিয়ম নাই। যেমন :—

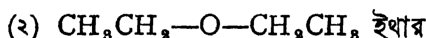

(ক) C_3H_6O—


(১) CH_3COCH_3—অ্যাসিটোন।


(২) CH_3CH_2CHO—প্রপিয়ন-অ্যালডিহাইড

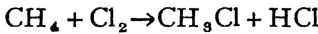

(খ) $C_4H_{10}O$—


(১) $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$ বিউটাইল অ্যালকোহল


(২) $CH_3CH_2—O—CH_2CH_3$ ইথার

এইরূপ C_6H_{14}-এর পাঁচটি, C_9H_{20}-এর ৩৫টি, $C_{10}O_3H_{13}N$-এর ১৩৫টি বিভিন্ন সমযোগী পদার্থ আছে।

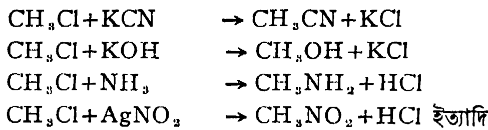
২৫-১০। অ্যালকিল মূলক: আমরা দেখিয়াছি মিথেনের সহিত ক্লোরিনের বিক্রিয়ার ফলে উহার একটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইয়া মিথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।



$$CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$$

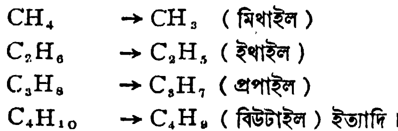
এই মিথাইল ক্লোরাইড নানারূপ বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে এবং উহার ক্লোরিন পরমাণুটি বিভিন্ন রকমে প্রতিস্থাপিত করা যায়।

যেমন—



$$CH_3Cl + KCN \rightarrow CH_3CN + KCl$$
$$CH_3Cl + KOH \rightarrow CH_3OH + KCl$$
$$CH_3Cl + NH_3 \rightarrow CH_3NH_2 + HCl$$
$$CH_3Cl + AgNO_2 \rightarrow CH_3NO_2 + HCl$$ ইত্যাদি

এই সকল বিক্রিয়াতে CH_3-পরমাণুপুঞ্জের কোনই পরিবর্তন ঘটে না। অর্থাৎ CH_3-পরমাণুপুঞ্জ NH_4, SO_4, NO_3 প্রভৃতি মূলকের ন্যায় ব্যবহার করে। সেইজন্য CH_3-কে "মিথাইল মূলক" বলা হয়। অনুরূপভাবে C_2H_5-পরমাণুপুঞ্জও [ইথেনের একটি হাইড্রোজেন বিয়োগে পাওয়া যায়] একটি মূলক। ইহাকে বলে "ইথাইল মূলক"। যে কোন পরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন হইতে একটি হাইড্রোজেন সরাইয়া লইলে যে মূলক পাওয়া যাইবে, তাহার নাম "অ্যালকিল মূলক"।



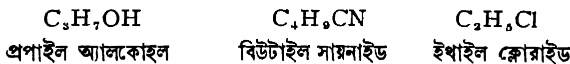
$CH_4 \rightarrow CH_3$ (মিথাইল)

$C_2H_6 \rightarrow C_2H_5$ (ইথাইল)

$C_3H_8 \rightarrow C_3H_7$ (প্রপাইল)

$C_4H_{10} \rightarrow C_4H_9$ (বিউটাইল) ইত্যাদি।

যৌগপদার্থের নামকরণের সময় অনেক সময় এই "অ্যালকিল মূলকের" সাহায্য লওয়া হয়। যেমন,

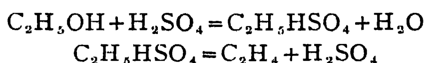


C_3H_7OH	C_4H_9CN	C_2H_5Cl
প্রপাইল অ্যালকোহল	বিউটাইল সায়নাইড	ইথাইল ক্লোরাইড

২৫-১১। অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন। ইথিলীন, C_2H_4: ইথিলীন একটি অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন—কোল গ্যাসে শতকরা ৫-১০ ভাগ ইথিলীন থাকে।

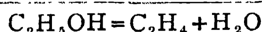
প্রস্তুতি: (১) ইথাইল অ্যালকোহল (অর্থাৎ, কোহল, C_2H_5OH) হইতে জল নিষ্কাশিত করিয়া ইথিলীন প্রস্তুত করা হয়। নিরুদক হিসাবে সাধারণতঃ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বা ফসফরিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়।

একটি কাচের কূপীতে একভাগ কোহলের সহিত উহার চার-পাঁচ গুণ গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। কূপীর মুখে একটি কর্কের সাহায্যে একটি বিন্দুপাতী-ফানেল ও নির্গম-নল এবং থার্মোমিটার জুড়িয়া দেওয়া হয়। অতঃপর কূপীটিকে একটি বালিখোলাতে ১৬০°—১৭০° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত তাপিত করা হয়। এই উত্তাপে মিশ্রণটি ফুটিতে থাকে এবং সেই সময় অতিরিক্ত ফেনা বন্ধ করার জন্য কূপীর ভিতরে খানিকটা অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম সালফেট অথবা কয়েকটি কাচের টুকরা দেওয়া হয়। এই উত্তাপে H_2SO_4 দ্বারা কোহল বিশ্লেষিত হইয়া ইথিলীনে পরিণত হয় এবং ইথিলীন গ্যাস নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। বস্তুতঃ কোহল প্রথমে হাইড্রোজেন সালফেটে পরিণত হয় এবং পরে উহা বিযোজিত হইয়া ইথিলীন উৎপন্ন হয়।



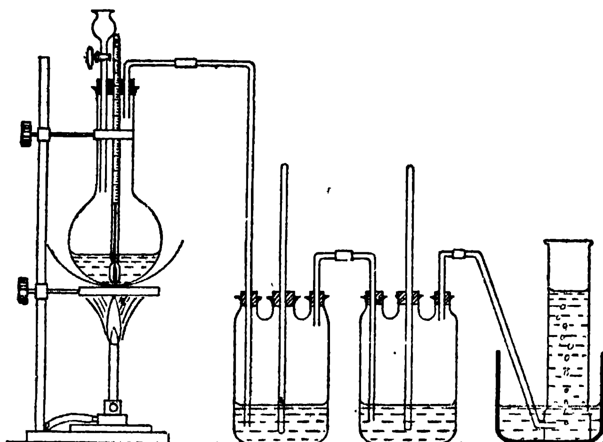
$$C_2H_5OH + H_2SO_4 = C_2H_5HSO_4 + H_2O$$

$$C_2H_5HSO_4 = C_2H_4 + H_2SO_4$$



অর্থাৎ, $$C_2H_5OH = C_2H_4 + H_2O$$

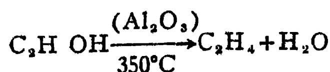
উৎপন্ন ইথিলীনের সহিত কিছু CO_2 এবং SO_2 মিশ্রিত থাকে। সুতরাং উহাকে কস্টিক পটাসের দ্রবণের ভিতর দিয়া প্রথমে পরিচালিত করিলে ঐ সমস্ত দূর হয় এবং পরে উহাকে জলের



চিত্র ২৫ঘ—ইথিলীন প্রস্তুতি

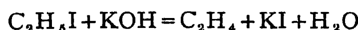
অধোভ্রংশের দ্বারা গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয় (চিত্র ২৫ ঘ)। সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিমাণ অনেক বেশী রাখা প্রয়োজন, নচেৎ ইথিলীনের পরিবর্তে ইথার উৎপন্ন হইবে।

উত্তপ্ত অ্যালুমিনা (Al_2O_3) প্রভাবকের উপর দিয়া কোহল-বাষ্প প্রবাহিত করিলেও ইথিলীন পাওয়া যায়:—



$$C_2H\ OH \xrightarrow[350°C]{(Al_2O_3)} C_2H_4 + H_2O$$

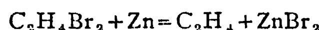
(২) ইথাইল আয়োডাইডের কোহলীয় দ্রবণের সহিত তপ্ত গাঢ় কস্টিক পটাস দ্রবণের বিক্রিয়ার দ্বারাও ইথিলীন পাওয়া যায়।



$$C_2H_5I + KOH = C_2H_4 + KI + H_2O$$

[ইথাইল আয়োডাইড]

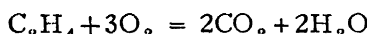
(৩) ইথিলীন-ডাই-ব্রোমাইডের কোহলীয় দ্রবণ দস্তা-রজঃসহ (Zn-dust) তাপিত করিলে ইথিলীন উৎপন্ন হয় :—



$$C_2H_4Br_2 + Zn = C_2H_4 + ZnBr_2$$

[ইথিলীন-ডাই-ব্রোমাইড]

২৫-১২। ইথিলীনের ধর্ম : ইথিলীন একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহার একটি ঈষৎ-মিষ্ট গন্ধ আছে। জলে ইহার দ্রাব্যতা খুবই কম এবং ইহা প্রায় বাতাসের সমান ভারী। ইথিলীন দহন-সহায়ক নয় বটে, কিন্তু উহা নিজে দাহ্য। বাতাসে ইহা উজ্জ্বল-শিখাসহ জ্বলিতে থাকে।

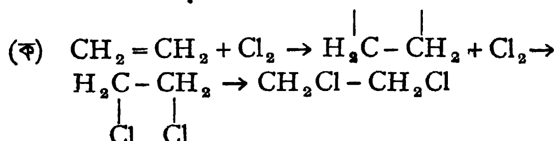


$$C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$$

প্রজ্বলনের ফলে উহা কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জলে পরিণত হয়। কোল-গ্যাসে ইথিলীন আছে বলিয়াই, উহা আলোক-উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। ইথিলীন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে আগুন ধরাইয়া দিলে বিস্ফোরণ হয়।

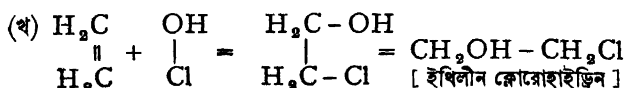
ইথিলীন অণুতে কার্বন-পরমাণু দুইটির ভিতর একটি দ্বিবন্ধ বর্তমান। অর্থাৎ অণুটি অপরিপৃক্ত। এইজন্য ইথিলীনের রাসায়নিক সক্রিয়তা সমধিক।

(১) ইথিলীন সোজাসুজি বহু পদার্থের সহিত যুক্ত হইয়া বিভিন্ন যুত-যৌগিক উৎপাদন করে। হ্যালোজেন, হ্যালোজেন অ্যাসিড, গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড, হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড প্রভৃতির সহিত উহা খুব সহজে সংযুক্ত হয়। এই সকল বিক্রিয়ার সময় কার্বন-পরমাণুদ্বয়ের মধ্যস্থিত দ্বিবন্ধটি খুলিয়া যায় এবং দুইটি মুক্ত যোজকের সাহায্যে সংযোগ সাধিত হয়। যথা :—



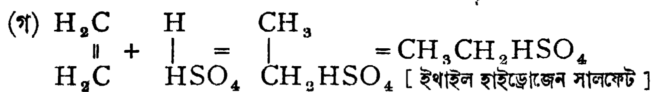
(ক) $$CH_2{=}CH_2 + Cl_2 \rightarrow H_2\overset{|}{C}-\overset{|}{C}H_2 + Cl_2 \rightarrow H_2\underset{Cl}{\underset{|}{C}}-\underset{Cl}{\underset{|}{C}}H_2 \rightarrow CH_2Cl-CH_2Cl$$

অর্থাৎ, $C_2H_4 + Cl_2 = C_2H_4Cl_2$ [ইথিলীন-ডাই-ক্লোরাইড]

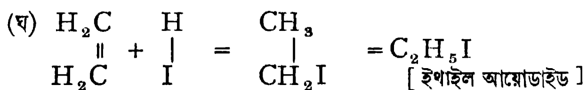


(খ) $$\begin{matrix} H_2C \\ \| \\ H_2C \end{matrix} + \begin{matrix} OH \\ | \\ Cl \end{matrix} = \begin{matrix} H_2C-OH \\ | \\ H_2C-Cl \end{matrix} = CH_2OH-CH_2Cl$$

[ইথিলীন ক্লোরোহাইড্রিন]



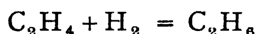
(গ) $\begin{matrix} H_2C \\ \| \\ H_2C \end{matrix} + \begin{matrix} H \\ | \\ HSO_4 \end{matrix} = \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_2HSO_4 \end{matrix} = CH_3CH_2HSO_4$ [ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট]



(ঘ) $\begin{matrix} H_2C \\ \| \\ H_2C \end{matrix} + \begin{matrix} H \\ | \\ I \end{matrix} = \begin{matrix} CH_3 \\ | \\ CH_2I \end{matrix} = C_2H_5I$ [ইথাইল আয়োডাইড]

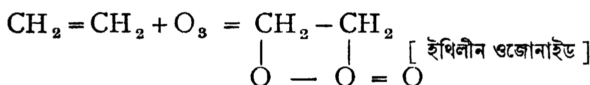
ইত্যাদি

(২) বিচূর্ণ নিকেলের প্রভাবে ১৫০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা ইথিলীন বিজারিত হইয়া ইথেনে পরিণত হয়।



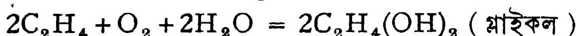
$$C_2H_4 + H_2 = C_2H_6$$

(৩) ওজোনের সহিত মিলিত হইয়া ইথিলীন একটি অস্থায়ী যৌগিকের সৃষ্টি করে। উহাকে ইথিলীন ওজোনাইড বলে :—



$$CH_2{=}CH_2 + O_3 = \begin{matrix} CH_2 & - & CH_2 & \\ | & & | & \\ O & - & O & = O \end{matrix}$$ [ইথিলীন ওজোনাইড]

(৪) পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের জারণের ফলে ইথিলীন-গ্লাইকল নামক পদার্থে রূপান্তরিত হয় :—

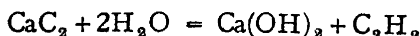


$$2C_2H_4 + O_2 + 2H_2O = 2C_2H_4(OH)_2$$ (গ্লাইকল)

ইথিলীনের ব্যবহার : চিকিৎসকেরা চেতনানাশক (anaesthetic) রূপে ইথিলীন ব্যবহার করেন। কাঁচা ফল কৃত্রিম উপায়ে পাকানোর জন্য ইথিলীন ব্যবহৃত হয়। যুদ্ধে বহুল ব্যবহৃত বিষাক্ত রাসায়নিক দ্রব্য "মাস্টার্ড গ্যাস" (mustard gas) ইথিলীন হইতেই তৈয়ারী করা হয়। ইথিলীন হইতে অ্যালকোহল তৈয়ারী করা হয়।

২৫·১৩। অ্যাসিটিলীন, C_2H_2 : কোলগ্যাসে অতি সামান্য পরিমাণ (০·০৬%) অ্যাসিটিলীন আছে। ইহা ছাড়া, প্রকৃতিতে অ্যাসিটিলীন আর বড় দেখা যায় না।

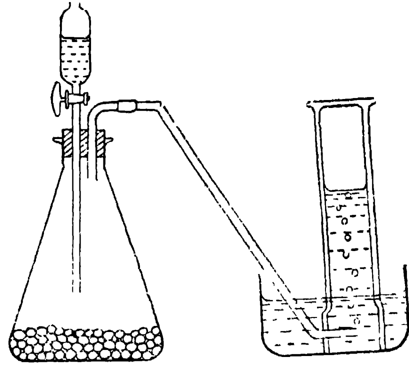
প্রস্তুতি : ল্যাবরেটরী পদ্ধতি : সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত ক্যালসিয়াম কার্বাইডের বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিটিলীন গ্যাস উৎপন্ন হয়।



$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

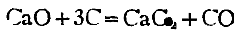
(১) একটি শঙ্কু-কূপীতে প্রথমে খানিকটা বালু লইয়া উহার উপরে ক্যালসিয়াম কার্বাইডের ছোট ছোট টুকরা রাখিয়া দেওয়া হয়। কূপীটির মুখ কর্ক

দিয়া আঁটিয়া দেওয়া হয়। এই কর্কের সঙ্গে একটি নির্গম-নল ও জলপূর্ণ একটি বিন্দুপাতী-ফানেল লাগান থাকে (চিত্র ২৫ ঙ)। ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা জল কূপীর মধ্যে ফেলিলে কার্বাইড জলের সংস্পর্শে আসিয়া অ্যাসিটিলীন গ্যাস উৎপন্ন করে। নির্গম-নল দিয়া বাহির হইলে উহাকে জলের উপর গ্যাসজারে সংগৃহীত করা হয়।


চিত্র ২৫ ঙ—অ্যাসিটিলীন প্রস্তুতি

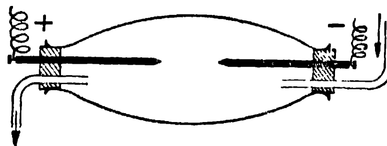
এই অ্যাসিটিলীনের সহিত স্বল্প-পরিমাণ ফসফিন, আরসাইন, হাইড্রোজেন সালফাইড, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। ফসফিন প্রভৃতির জন্য এই গ্যাসের একটি দুর্গন্ধও থাকে। অনেক সময় অ্যাসিড মিশ্রিত কপার সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়া উৎপন্ন গ্যাসটি পরিচালিত করিয়া এই সকল অপদ্রব্য দূর করা হয় এবং বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলীন সংগ্রহ করা হয়।

এই বিক্রিয়াতে যে ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রয়োজন তাহা কলিচুন ও কোকচূর্ণ হইতে প্রস্তুত হয়।


$$CaO + 3C = CaC_2 + CO$$

(২) কার্বন ও হাইড্রোজেন এই মৌল দুইটির সংশ্লেষণ দ্বারাও অ্যাসিটিলীন পাওয়া যায়। একটি শক্ত কাচের গ্লোবে দুইটি গ্যাস-কার্বনের তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে বিদ্যুৎক্ষরণ করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে কাচের গ্লোবের ভিতর দিয়া একটি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রবাহ পরিচালিত করা হয় (চিত্র ২৫চ)। এই অবস্থায় তড়িৎ-দ্বারের কার্বনের সহিত হাইড্রোজেন মিলিত হইয়া অ্যাসিটিলীন তৈয়ারী হয়।


$$2C + H_2 \quad C_2H_2$$



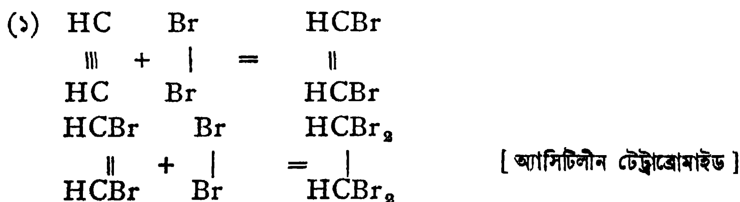
২৫চ—অ্যাসিটিলীনের সংশ্লেষণ

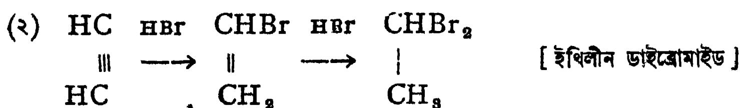
২৫-১৪। অ্যাসিটিলীনের ধর্মঃ অ্যাসিটিলীন একটি বর্ণ-হীন গ্যাস। বিশুদ্ধ অবস্থায় উহার একটি মিষ্ট-ঘ্রাণ আছে। ০° উষ্ণতায় ও

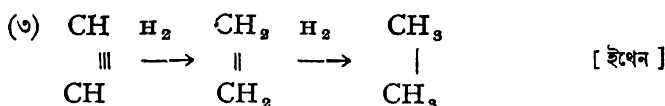
সাধারণ চাপে জলে উহার সমায়তন পরিমাণ অ্যাসিটিলীন দ্রবীভূত হয়, কিন্তু অ্যাসিটোন দ্রাবকে অ্যাসিটিলীন অত্যন্ত দ্রবণীয়। অ্যাসিটিলীনকে সহজেই তরলিত করা যায় বটে, কিন্তু তরল অ্যাসিটিলীন বিস্ফোরক। এজন্য অ্যাসিটিলীন স্থানান্তরে পাঠানোর সময় সর্বদাই অতিরিক্ত চাপে অ্যাসিটোনে দ্রবীভূত করিয়া লওয়া হয়। অ্যাসিটিলীন অপরের দহন-সহায়ক নয়। যদি একটি সরু নলের মাথায় বাতাসের ভিতর অ্যাসিটিলীন জ্বালাইয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে উহা উজ্জ্বল আলো সহকারে জ্বলিতে থাকে এবং প্রচুর তাপ বিকিরণ করে। বাতাসের পরিবর্তে যদি এইভাবে অক্সিজেন গ্যাসের ভিতর অ্যাসিটিলীন জ্বলিতে দেওয়া হয় তবে যে অক্সি-অ্যাসিটিলীন শিখা পাওয়া যায় তাহার উষ্ণতা প্রায় ৩৫০০° সেন্টিগ্রেড। এই কারণে, বিভিন্ন ধাতু গলানোর জন্য, বা দুইটি ধাতু জোড়া দিতে এই অক্সি-অ্যাসিটিলীন-শিখা ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিটিলীন ও বাতাসের মিশ্রণ কিন্তু আগুনের সংস্পর্শে আসিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়। $2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$

(i) ইথিলীনের মত অ্যাসিটিলীনও একটি অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন। ইহার অণুতে কার্বন পরমাণু দুইটির ভিতর একটি ত্রিবন্ধ আছে, সেইজন্য অ্যাসিটিলীন যৌগটি অস্থায়ী ধরণের এবং বিশেষ সক্রিয়। বহুরকম পদার্থের সহিত উহা যুত-যৌগিক সৃষ্টি করে। বিভিন্ন বস্তুর সহিত সংযুক্ত হওয়ার সময় ইহার ত্রিবন্ধ পরিবর্তিত হইয়া উহাদের চারিটি যোজক মুক্ত হইয়া থাকে। প্রথমে দুইটি এবং পরে আরও দুইটি যোজক এইভাবে রাসায়নিক সংযোগে অংশ গ্রহণ করে। যথা :—





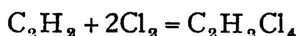


(৩) $CH \equiv CH \xrightarrow{H_2} CH_2 = CH_2 \xrightarrow{H_2} CH_3 - CH_3$ [ইথেন]

[এই বিজারণ-ক্রিয়াতে বিচূর্ণ নিকেল প্রভাবকরূপে ব্যবহৃত হয় ।]

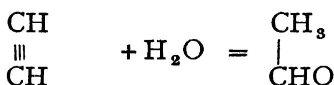
(ii) অ্যাসিটিলীন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়াটি অত্যন্ত প্রচণ্ডতার সহিত সম্পাদিত হয়। বস্তুতঃ, অ্যাসিটিলীন জারিত হইয়া কার্বন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় :— $C_2H_2 + Cl_2 = 2C + 2HCl$

কিন্তু "কাইজেলগুড়" (Keiselguhr) চূর্ণের উপস্থিতিতে ক্লোরিন গ্যাস ধীরে ধীরে অ্যাসিটিলীনের সহিত যুক্ত হইয়া টেট্রাক্লোরো-অ্যাসিটিলীন উৎপন্ন করে :—



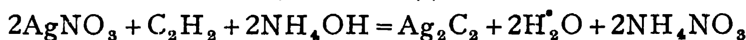
$$C_2H_2 + 2Cl_2 = C_2H_2Cl_4$$

(iii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড (২০%) এবং মারকিউরিক সালফেট দ্রবণের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলীন পরিচালিত করিলে উহা জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয় :—

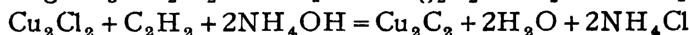


$$CH \equiv CH + H_2O = CH_3 - CHO$$

(iv) অ্যামোনিয়া-যুক্ত সিলভার বা কপারের লবণের দ্রবণের ভিতর অ্যাসিটিলীন গ্যাস পরিচালিত করিলে যথাক্রমে উহাদের ভিতর হইতে সিলভার ও কপার অ্যাসিটিলাইড অধঃক্ষিপ্ত হইয়া থাকে।



$$2AgNO_3 + C_2H_2 + 2NH_4OH = Ag_2C_2 + 2H_2O + 2NH_4NO_3$$

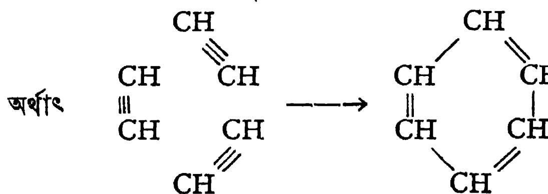


$$Cu_2Cl_2 + C_2H_2 + 2NH_4OH = Cu_2C_2 + 2H_2O + 2NH_4Cl$$

এই বিক্রিয়ার সাহায্যেই সাধারণতঃ অ্যাসিটিলীন পরীক্ষা করা হয় এবং উহার অস্তিত্ব জানা যায়। ইথিলীন বা মিথেন এইরূপ বিক্রিয়া করে না।

(v) একটি তপ্ত নলের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলীন গ্যাস প্রবাহিত করিলে বেনজিন পাওয়া যায়। এই পরিবর্তনে বস্তুতঃ তিনটি অ্যাসিটিলীন অণু একত্র যুক্ত হইয়া একটি বেনজিন অণুতে পরিণত হয় :— $3C_2H_2 = C_6H_6$

অর্থাৎ



কোনও পদার্থের এইরূপ একাধিক অণু একত্র সংযুক্ত হইয়া যখন অপর একটি পদার্থে পরিণত হয়, তখন উহাকে বহু-যৌগিক বলা যাইতে পারে। এইরূপ বিক্রিয়া "বহু-সংযোগ-ক্রিয়া" (Polymerisation) নামে পরিচিত। স্পষ্টই দেখা যাইতেছে এই বহু-সংযোগের ফলে নূতন অণুটির আণবিক গুরুত্ব পূর্বেকার অণুর গুরুত্বের কোন সরল গুণিতক হইবে, কিন্তু উহাদের উপাদান মৌলসমূহের ওজনের অনুপাত একই থাকিবে।

অ্যাসিটিলীনের ব্যবহার ঃ অ্যাসিটিলীনের অনেক রকম ব্যবহার আছে। (ক) অ্যাসিটিলীন বিভিন্ন জৈব-যৌগিক প্রস্তুত করিতে প্রয়োজন হয়। যথা—অ্যাসিট্যালডিহাইড (CH_3CHO), অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH), হেক্সাক্লোরো ইথেন (C_2Cl_6) জৈবদ্রাবক ওয়েস্ট্রন (westron, $C_2H_2Cl_4$) ইত্যাদি। (খ) আলোক উৎপাদনেও অ্যাসিটিলীন ব্যবহার করা হয়। (গ) অক্সি-অ্যাসিটিলীন শিখা উৎপাদনে প্রচুর অ্যাসিটিলীন প্রয়োজন। (ঘ) কৃত্রিম রবার প্রস্তুতিতেও অ্যাসিটিলীনের প্রয়োজন হয়, ইত্যাদি।

তুলনা ঃ আমরা মিথেন, ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীন—এই তিনটি হাইড্রোকার্বনের বিষয় আলোচনা করিয়াছি। কিন্তু হাইড্রোকার্বন হইলেও উহাদের পরস্পরের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য আছে। ইহাদের মধ্যে মিথেন পরিপৃক্ত যৌগ, কিন্তু অপর দুইটি অপরিপৃক্ত। সুতরাং মিথেন নিষ্ক্রিয়, কিন্তু অ্যাসিটিলীন ও ইথিলীন খুব সক্রিয়।

(১) ব্রোমিন মিথেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে মাত্র, কিন্তু ব্রোমিন ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীনের সহিত যুক্ত হইয়া যুত-যৌগিক উৎপাদন করে।

(২) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত মিথেনের কোন ক্রিয়া হয় না, কিন্তু ইথিলীন ও অ্যাসিটিলিন উহার সহিত সংযুক্ত হয়।

(৩) গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা মিথেন আক্রান্ত হয় না, কিন্তু ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীন উহার সহিত যুক্ত হয়।

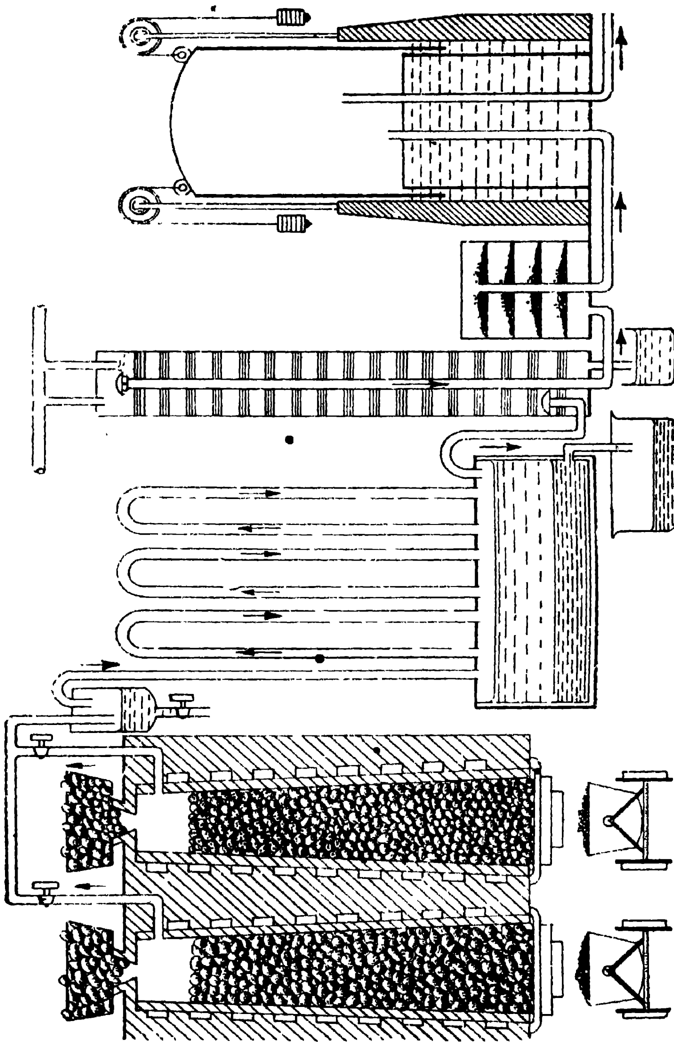
(৪) অ্যামোনিয়া-যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের সহিত মিথেন ও ইথিলীনের কোন বিক্রিয়া হয় না, কিন্তু অ্যাসিটিলীন উহা হইতে লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

(৫) ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিটিলীন ও ইথিলীন দ্বারা বিরঞ্জিত হয়, কিন্তু মিথেনের সেই ক্ষমতা নাই।

কয়লার অন্তর্ধূমপাতন

পেট্রোলিয়াম, কয়লা এবং কাঠ প্রভৃতির অফুরন্ত দান। এই তিন উৎস হইতেই আমরা জৈবযৌগসমূহ উৎপাদন করি। পেট্রোলিয়াম ও কাঠ হইতে যে যৌগ পাওয়া যায় তাহার উল্লেখ পূর্বেই করা হইয়াছে। এই হিসাবে কয়লার গুরুত্ব সমধিক। কয়লা হইতে অসংখ্য রকমের জৈব-যৌগ প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

খনি হইতে যে "কাঁচা কয়লা" পাওয়া যায় তাহাতে মৌলিক কার্বনের অংশই অবশ্য বেশী, কিন্তু উহার সহিত অনেক জৈবপদার্থও মিশ্রিত থাকে।



চিত্র কোল-

বাতাসের অবর্তমানে কাঁচা কয়লার অন্তর্ধূমপাতন করিলে এই সকল জৈবপদার্থ বিযোজিত হইয়া গ্যাসীয় অবস্থায় পাতিত হয়। এই উদ্বায়ী পদার্থ হইতে কোল গ্যাসও পাওয়া যায়।

অগ্নিসহ মৃত্তিকার বড় বড় বকযন্ত্রে বা অগ্নিসহ-ইষ্টকের চতুষ্কোণ প্রকোষ্ঠে কয়লার অন্তর্ধূমপাতন সম্পাদিত হয়। এই প্রকোষ্ঠগুলি দৈর্ঘ্যে ১২′-১৫′ ফুট, উচ্চতায় ৮′-১০′ ফুট এবং ২′ ফুট প্রস্থ হয়। এই রকম একত্রে প্রায় ২০-২৫টি প্রকোষ্ঠ থাকে। উহাদিগকে চারিদিক হইতে জ্বালানি-গ্যাস সাহায্যেই উত্তপ্ত করার ব্যবস্থা থাকে। প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠের প্রায় তিন-চতুর্থাংশ কয়লার টুকরাতে ভর্তি করিয়া লওয়া হয় এবং উহার চারিদিক মাটির প্রলেপ দ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় যাহাতে বাতাস ভিতরে প্রবেশ করিতে না পারে। এই প্রণালীতে যে কোলগ্যাস উৎপন্ন হয়, তাহারই কিয়দংশ বাতাসের সহিত পোড়াইয়া এই প্রকোষ্ঠগুলিকে উত্তপ্ত করা হয়। প্রায় ১০০০° ডিগ্রী উষ্ণতায় সচরাচর অন্তর্ধূমপাতন সম্পন্ন করা হয়। প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠ হইতে উদ্বায়ী পদার্থসমূহ উপরের একটি নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। অনুদ্বায়ী কোক প্রকোষ্ঠে পড়িয়া থাকে। কার্বনের কিছু অংশ উর্ধ্বপাতিত হইয়া প্রকোষ্ঠের উপরিভাগে সঞ্চিত হয়। ইহাই গ্যাস-কার্বন।

অন্তর্ধূমপাতনের ফলে কয়লা হইতে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহাতে বাষ্পীভূত অবস্থায় যথেষ্ট আলকাতরা থাকে এবং আরও অনেক প্রকার গ্যাস থাকে; যথা, CH_4, C_2H_4, CS_2, H_2S, HCN, CO, NH_3 প্রভৃতি। উদ্বায়ী গ্যাসসমূহ নিষ্ক্রান্ত হইয়াই প্রথমে একটি আংশিক জলপূর্ণ সিলিণ্ডারে প্রবেশ করে এবং জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া যায় (চিত্র ২৫ছ)। এখানে অল্প কিছু আলকাতরা ঘনীভূত হয়। অতঃপর গ্যাস পর পর কতকগুলি শীতক-নলের ভিতর দিয়া পরিচালিত হয়। এই শীতক-নলগুলি একটি ট্যাঙ্কের সহিত যুক্ত থাকে। ঠাণ্ডা হাওয়ার ফলে প্রায় সম্পূর্ণ আলকাতরাটুকু এবং জলীয় বাষ্প তরল হইয়া ট্যাঙ্কে সঞ্চিত হয়। কোন কোন গ্যাস জলে দ্রবীভূতও হইয়া যায়। ট্যাঙ্কের তরল পদার্থ দুইটি স্তরে পৃথক হইয়া পড়ে। নীচের অংশে আলকাতরা জমিয়া থাকে এবং উহার উপরিভাগে একটি জলীয় অংশ পাওয়া যায়। এই জলীয় অংশে অ্যামোনিয়া দ্রবীভূত থাকে এবং ইহা "অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর" (ammoniacal liquor) নামে পরিচিত। ইহার পর বাকী গ্যাসটিকে জলে

ধৌত করা হয়। গ্যাসের ভিতর কিছু সালফার-ঘটিত যৌগ থাকে। জ্বালানি-গ্যাসে কোন সালফার যৌগ থাকা অবাঞ্ছিত। সুতরাং উহাকে ফেরিক হাইড্রোক্সাইডের উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া শোধন করা হয়। এইরূপে শোধিত হওয়ার পর যে গ্যাস পাওয়া যায় তাহাকেই কোল-গ্যাস বলা হয়। উহাকে বড় বড় গ্যাস-ট্যাঙ্কে সঞ্চিত করা হয় এবং প্রয়োজন অনুযায়ী বিভিন্ন জায়গায় পরিচালিত করা হয়। যে পরিমাণ ওজন কয়লার অন্তর্ধূমপাতন করা হয় তাহার প্রায় শতকরা ১৭ ভাগ কোল-গ্যাস পাওয়া যায়।

কোল-গ্যাসে সাধারণতঃ নিম্নলিখিত গ্যাসসমূহ থাকে :

মিথেন ৩০-৩৫% ; হাইড্রোজেন, ৪৫-৫০% ; ইথিলীন, ৪% ; কার্বন মনোক্সাইড, ৫-১০% ; নাইট্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি, ৫-৮%।

কোল-গ্যাস সাধারণতঃ তাপ উৎপাদনের জন্যই প্রয়োগ করা হয়। কিন্তু ইথিলীন প্রভৃতি থাকার জন্য সময় সময় ভাস্বর জালির সাহায্যে উহা আলোক-উৎপাদনেও ব্যবহৃত হয়।

কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের ফলে কোক, গ্যাসকার্বন, আলকাতরা, অ্যামোনিয়াক্যাল লিকর এবং কোল-গ্যাস—প্রধানতঃ এ পাঁচটি পদার্থ পাওয়া যায়। ইহাদের প্রত্যেকটিই খুব মূল্যবান এবং নানা রকম রাসায়নিক শিল্পে প্রয়োজনীয়।

দহন ও শিখা : যে সমস্ত রাসায়নিক ক্রিয়ার সময় তাপ ও আলোক উভয়েরই সৃষ্টি হয় তাহাদিগকে দহন-ক্রিয়া বলে। কার্বন মনোক্সাইড, মোম, কেরোসিন প্রভৃতি পুড়িবার সময় দেখা যায় তাপ-সৃষ্টির সঙ্গে সঙ্গে আলোকও উৎপাদিত হয়। সুতরাং, এগুলিকে দহন-ক্রিয়া বলা যাইতে পারে। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অক্সিজেনের সহিত সংযোগের ফলে বা জারণের ফলে আলোক উৎপন্ন হইতে দেখা যায়। এই জন্য আলোক উৎপাদন না হইলেও কোন কোন সময় অক্সিজেনের সাহায্যে জারণক্রিয়াকেই দহন বলিয়া উল্লেখ করা হয়। যেমন, শরীরের অভ্যন্তরে খাদ্যদ্রব্যের জারণকে প্রায়ই মৃদু-দহন বলা হয়, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে যে সমস্ত তাপ-উদ্গারী বিক্রিয়াতে আলো বিকিরণ হয় তাহাদিগকে শুধু দহন-ক্রিয়া বলা যায়। যেমন, শ্বেত ফসফরাস ও আয়োডিন মিশ্রিত করিলেই উহারা জ্বলিয়া উঠে এবং ফসফরাস আয়োডাইডে পরিণত হয়। ইহা দহনের একটি প্রকৃষ্ট উদাহরণ, যদিও তাহাতে অক্সিজেনের সংস্রব নাই।

অতএব, যে কোন দহন ক্রিয়াতে দুইটি বিক্রিয়ার অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে। সাধারণতঃ, উহাদের যেটি আপাতদৃষ্টিতে জ্বলিয়া আলোক উৎপাদন করে তাহাকে দাহ্য-বস্তু বলা হয়। অপর যে পদার্থের আবেষ্টনীতে বা আবহাওয়ায় দহন-ক্রিয়াটি নিষ্পন্ন হয় তাহাকে দহন-সহায়ক বলিয়া গণ্য করা হয়।

দুইটি গ্যাসীয় পদার্থ যখন দহন-ক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে তখন যে স্থানটুকু হইতে উহাদের রাসায়নিক ক্রিয়ার ফলে আলোক-উৎপাদন হয় তাহাকেই শিখা বলে। মোম-বাতির শিখা বলিতে,

মোমের বাষ্প যে স্থানটুকুর ভিতর অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া আলো বিকিরণ করিয়া থাকে, তাহাই মোমের শিখা।

কোল-গ্যাস, হাইড্রোকার্বন, মোম প্রভৃতির শিখা মোটামুটি চারিটি অংশে বিভক্ত করা চলে।

(১) শিখাটির প্রায় মধ্যস্থলের অভ্যন্তরভাগে একটি ঈষৎ-কৃষ্ণ মণ্ডলী থাকে। এখানে অপরিবর্তিত গ্যাস অথবা অল্লাধিক বিযোজিত হাইড্রোকার্বন বাষ্প থাকে। এই অংশে একটি দেশলাইয়ের কাঠি প্রবেশ করাইয়া দিলেও উহা প্রজ্বলিত হইবে না।

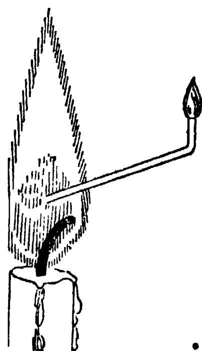
একটি সরু কাচের নলের একটি মুখ এই অংশে রাখিয়া বাহিরের অপর মুখটিতে আগুন ধরাইয়া দিলে উহা জ্বলিতে থাকিবে। অর্থাৎ এই স্থানের অপরিবর্তিত গ্যাস সরু নল দিয়া আসিয়া বাতাসে প্রজ্বলিত হইতে থাকে (চিত্র—২৫জ)।

(২) শিখার অধিকাংশ স্থান জুড়িয়া যে উজ্জ্বল আলোক-যুক্ত হলুদ অংশ দেখা যায় সেখানে হাইড্রোকার্বনের আংশিক দহন হয় এবং খুব সূক্ষ্ম কার্বন কণার জন্য ঐরূপ উজ্জ্বলতার সৃষ্টি হয়। একটি পর্সেলীনের বেসিন এই অংশে ধরিলে সহজেই উহার গায়ে কালো কার্বন জমিয়া যায়।

(৩) সমস্ত শিখাটির চতুর্দিকে ঈষৎ নীলাভ একটি আবরণ দেখা যায়। এখানে দহন সম্পূর্ণ হইয়া দাহ্যবস্তু জলীয় বাষ্প এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়।

(৪) শিখার গোড়ার দিকে খুব ছোট একটু গাঢ় নীল অংশ থাকে, এখানেও অবশ্য দহন-ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়া থাকে।

বুনসেন দীপে যখন কোল-গ্যাস পোড়ান হয়, তখন দীপের ভিতরেই উহার সহিত বায়ু মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। এই শিখাতে দীপের মুখে একটি ছোট নীল অংশ থাকে—উহাতে অপরিণত কোল-গ্যাস থাকে। তাহার উপরের ঈষৎ নীলাভ অংশে কোল-গ্যাসের আংশিক দহন হয় এবং বাহিরের প্রায় বর্ণহীন বড় অংশে এই দহন সম্পূর্ণ হয়। কিন্তু বুনসেন দীপের মধ্যে যদি বায়ু দেওয়া না হয় তাহা হইলে দহন সম্পূর্ণ না হওয়ার জন্য একটি ভুসা কয়লার ধোঁয়াযুক্ত হলদে আলোকশিখা পাওয়া যায়।


চিত্র—২৫জ

হ্যালোজেন প্রতিস্থাপিত হাইড্রোকার্বন

পূর্বেই দেখিয়াছি, হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপন করা সম্ভব। এক বা একাধিক হাইড্রোজেন পরমাণু বিভিন্ন হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া শত শত নূতন নূতন যৌগের সৃষ্টি করা হইয়াছে। যেমন :—

CH_3I—মিথাইল আয়োডাইড CCl_4—কার্বন টেট্রাক্লোরাইড

C_2H_5Br—ইথাইল ব্রোমাইড

$C_2H_4Cl_2$—ডাইক্লোরো ইথেন $C_2H_4Br_2$—ইথিলীন ডাইব্রোমাইড

$CHCl_3$—ক্লোরোফর্ম CHI_3—আয়োডোফর্ম

$C_2H_2Cl_4$—টেট্রাক্লোরো ইথেন

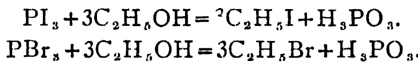
C_2Cl_6—হেক্সাক্লোরো ইথেন ইত্যাদি, ইত্যাদি।

২৫-১৫। অ্যালকিল হ্যালাইড প্রস্তুতি ঃ (১) সচরাচর অ্যালকোহলের উপর ফসফরাস হ্যালাইডের ক্রিয়ার সাহায্যেই অ্যালকিল হ্যালাইড উৎপাদন করা হয়। যেমন,



$$PCl_5 + C_2H_5OH = C_2H_5Cl + HCl + POCl_3$$

PCl_5 যে কোন পদার্থের OH মূলককে Cl দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে। অন্যান্য ফসফরাস হ্যালাইডও অনুরূপ বিক্রিয়া করে—



$$PI_3 + 3C_2H_5OH = 3C_2H_5I + H_3PO_3.$$
$$PBr_3 + 3C_2H_5OH = 3C_2H_5Br + H_3PO_3.$$

২৫-১৬। ধর্ম ঃ অপেক্ষাকৃত হালকা অ্যালকিল হ্যালাইডগুলি গ্যাস অথবা তরল পদার্থ। এগুলি জলে অদ্রবণীয় এবং জল অপেক্ষা ভারী। বিভিন্ন অ্যালকিল হ্যালাইডের রাসায়নিক ধর্ম একই রকমের। নানা রকম বিকারকের সাহায্যে উহাদের হ্যালোজেন পরমাণুটি প্রতিস্থাপন করা সম্ভব। উদাহরণ স্বরূপ ইথাইল আয়োডাইডের বিক্রিয়াগুলি উল্লেখ করা যাইতে পারে ঃ—

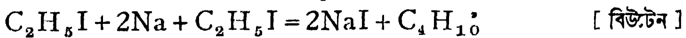
ইথাইল আয়োডাইড ঃ

(১) জায়মান হাইড্রোজেনের সহিত (Zn + HCl) ঃ—



$C_2H_5I + 2H = HI + C_2H_6$ [ইথেন]

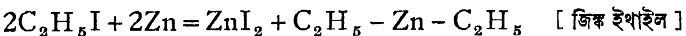
(২) সোডিয়ামের সহিত [ইথিরীয় দ্রবণে] ঃ—



$C_2H_5I + 2Na + C_2H_5I = 2NaI + C_4H_{10}$ [বিউটেন]

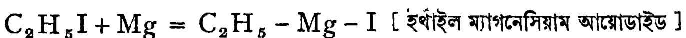
ইহাকে "ভার্জ-প্রক্রিয়া" (Wurtz reaction) বলে।

(৩) দস্তারজঃ সহযোগে (উত্তপ্ত অবস্থায়) ঃ—



$2C_2H_5I + 2Zn = ZnI_2 + C_2H_5 - Zn - C_2H_5$ [জিঙ্ক ইথাইল]

(৪) ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর সহিত [ইথিরীয় দ্রবণে] ঃ—



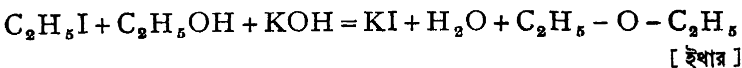
$C_2H_5I + Mg = C_2H_5 - Mg - I$ [ইথাইল ম্যাগনেসিয়াম আয়োডাইড]

(৫) কস্টিক পটাসের জলীয় দ্রবণের সহিত ঃ—



$C_2H_5I + KOH = KI + C_2H_5OH$ [ইথাইল অ্যালকোহল]

কস্টিক পটাসের কোহলীয় দ্রবণের সহিত ঃ—



$C_2H_5I + C_2H_5OH + KOH = KI + H_2O + C_2H_5 - O - C_2H_5$ [ইথার]

পটাসিয়াম হাইড্রোসালফাইডের সহিত :—

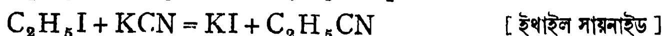


$$C_2H_5I + KSH = KI + C_2H_5SH$$ [ইথাইল হাইড্রোসালফাইড]

(৬) অ্যামোনিয়া এবং KCN এর কোহলীয় দ্রবণের সহিত :—



$$C_2H_5I + NH_3 = HI + C_2H_5NH_2$$ [ইথাইল অ্যামিন]



$$C_2H_5I + KCN = KI + C_2H_5CN$$ [ইথাইল সায়নাইড]

(৭) সিলভার নাইট্রাইটের সহিত :—



$$C_2H_5I + AgNO_2 = AgI + C_2H_5NO_2$$ [নাইট্রো-ইথেন]

অতএব, অ্যালকিল হ্যালাইড হইতে নানাপ্রকার যৌগ উৎপাদন সহজেই সম্ভব। অপেক্ষাকৃত নিষ্ক্রিয় প্যারাফিন হইতে বিভিন্ন প্রকার যৌগ পাওয়ার একটি উপায়, উহাদের অ্যালকিল হ্যালাইডে পরিণত করিয়া উপযুক্ত বিকারক প্রয়োগ করা।

অ্যালকিল হ্যালাইডগুলির মধ্যে ক্লোরোফর্ম বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

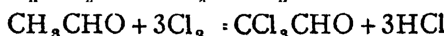
২৫-১৭। ক্লোরোফর্ম (CHCl$_3$)। প্রস্তুতি : (১) বিরঞ্জক চূর্ণ দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহলকে জারিত ও আর্দ্রবিশ্লেষিত করিয়া ক্লোরোফর্ম তৈয়ারী করা হয়।

একটি কূপীতে জল ও বিরঞ্জক চূর্ণ মিশাইয়া উহাতে খানিকটা ইথাইল অ্যালকোহল দেওয়া হয়। মিশ্রণটি বেশ ভাল করিয়া ঝাঁকাইয়া আস্তে আস্তে তাপিত করিলে ক্লোরোফর্ম উদ্বায়িত হইতে থাকে। পাতনের সাহায্যে ক্লোরোফর্ম পৃথক করিয়া সংগৃহীত হয়।

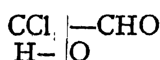
বিরঞ্জক চূর্ণ হইতে জলের দ্বারা প্রথমে ক্লোরিন ও চুন উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন অ্যালকোহলকে জারিত করে এবং চুন অতঃপর আর্দ্রবিশ্লেষণে সাহায্য করে।



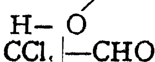
$$CH_3CH_2OH + Cl_2 = CH_3CHO + 2HCl$$



$$CH_3CHO + 3Cl_2 = CCl_3CHO + 3HCl$$

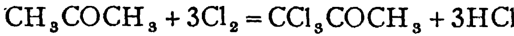




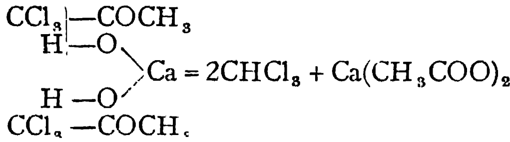


$$\begin{array}{l} CCl_3|\!-CHO \\ H-|O \\ \qquad \rangle Ca = 2CHCl_3 + Ca(HCOO)_2 \\ H-\ O \\ CCl_3|\!-CHO \end{array}$$

(২) অ্যাসিটোন হইতেও অনুরূপভাবেই ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়



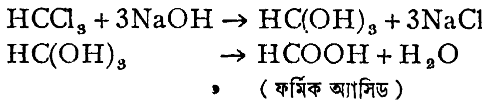
$$CH_3COCH_3 + 3Cl_2 = CCl_3COCH_3 + 3HCl$$



$$\begin{matrix} CCl_3 - COCH_3 \\ H - O \\ H - O \\ CCl_3 - COCH_3 \end{matrix} > Ca = 2CHCl_3 + Ca(CH_3COO)_2$$

ধর্ম: ক্লোরোফর্ম ভারী, অদাহ্য, বর্ণহীন, মিষ্টগন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক, ৬১°C। ইহা জলে অদ্রাব্য কিন্তু ইথার বা কোহলের সঙ্গে সহজেই মিশে। আলোর সান্নিধ্যে ক্লোরোফর্ম বাতাসের অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করে এবং বিষাক্ত কার্বনিল ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। এইজন্য ইহাদের লাল রংয়ের বোতলে রাখা হয়। $CHCl_3 + O = COCl_2 + HCl$

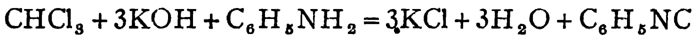
(ক) কস্টিক পটাসের কোহলীয় দ্রবণের সহিত ফুটাইলে ক্লোরোফর্ম বিযোজিত হইয়া ফর্মিক অ্যাসিডে পরিণত হয়:—



$$HCCl_3 + 3NaOH \rightarrow HC(OH)_3 + 3NaCl$$
$$HC(OH)_3 \rightarrow HCOOH + H_2O$$

(ফর্মিক অ্যাসিড)

(খ) অ্যানিলিন ও কস্টিক পটাসের সহিত ক্লোরোফর্ম সামান্য উষ্ণ করিলেই, তীব্র দুর্গন্ধ যুক্ত ফিনাইল-আইসোসায়ানাইড উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়ার সাহায্যেই ক্লোরোফর্মের অস্তিত্ব নিরূপিত হয়।



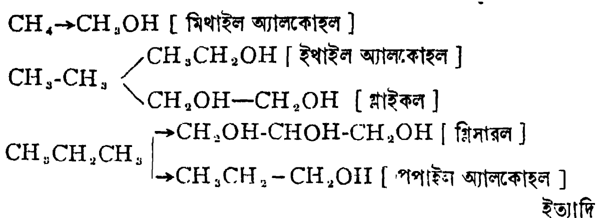
$$CHCl_3 + 3KOH + C_6H_5NH_2 = 3KCl + 3H_2O + C_6H_5NC$$

[অ্যানিলিন] [ফিনাইল-আইসোসায়ানাইড]

ব্যবহার: চেতনানাশক হিসাবে ক্লোরোফর্ম সর্বদাই ব্যবহৃত হয়। ঔষধ হিসাবেও ইহার ব্যবহার আছে। তৈল, আঠা, উপক্ষার প্রভৃতি নিষ্কাশনে ক্লোরোফর্ম জৈবদ্রাবক রূপে প্রায়ই ব্যবহৃত হয়।

কোহল

২৫-১৮। কোহল: হাইড্রোকার্বনের এক বা একাধিক হাইড্রোজেন-কে OH মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপন করিতে পারিলে যে সকল যৌগ পাওয়া যাইবে তাহাদিগকেই কোহল বা অ্যালকোহল বলে। যেমন:—

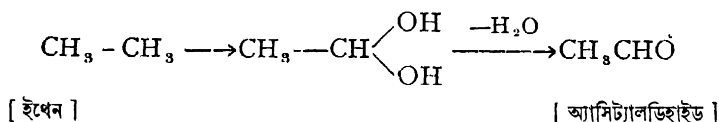

$CH_4 \rightarrow CH_3OH$ [মিথাইল অ্যালকোহল]

$CH_3\text{-}CH_3 \begin{cases} CH_3CH_2OH \text{ [ইথাইল অ্যালকোহল]} \\ CH_2OH\text{—}CH_2OH \text{ [গ্লাইকল]} \end{cases}$

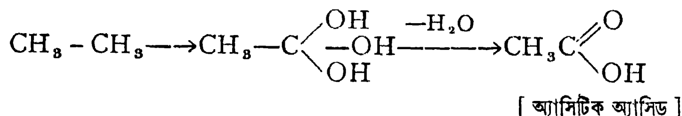
$CH_3CH_2CH_3 \begin{cases} \rightarrow CH_2OH\text{-}CHOH\text{-}CH_2OH \text{ [গ্লিসারল]} \\ \rightarrow CH_3CH_2-CH_2OH \text{ [প্রপাইল অ্যালকোহল]} \end{cases}$

ইত্যাদি

একটি বিষয় স্মরণ রাখা প্রয়োজন যে যদি দুই বা ততোধিক OH মূলক একই কার্বন পরমাণুতে যুক্ত হয় তবে তৎক্ষণাৎ উহা হইতে একটি জলের অণু বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে। ইহার ফলে নানা রকম যৌগ উৎপন্ন হয়। যেমন :—


$$CH_3-CH_3 \longrightarrow CH_3\text{—}CH\begin{matrix} OH \\ OH \end{matrix} \xrightarrow{-H_2O} CH_3CHO$$

[ইথেন] [অ্যাসিট্যালডিহাইড]


$$CH_3-CH_3 \longrightarrow CH_3\text{—}C\begin{matrix} OH \\ -OH \\ OH \end{matrix} \xrightarrow{-H_2O} CH_3C\begin{matrix} \diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown OH \end{matrix}$$

[অ্যাসিটিক অ্যাসিড]

অ্যালকোহলগুলিকে তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে—প্রাইমারী, সেকেণ্ডারী এবং টারসিয়ারী।

(১) প্রাইমারী অ্যালকোহল (Primary alcohol)। এই সকল কোহলে $-CH_2OH$ পরমাণুপুঞ্জ থাকিবে, যেমন, CH_3CH_2OH, $CH_3CH_2.CH_2OH$, ইত্যাদি।

(২) সেকেণ্ডারী অ্যালকোহল (Secondary alcohol)। এই সমস্ত কোহলে $>CHOH$ পরমাণুপুঞ্জ থাকিবে। যেমন, $CH_3CHOHCH_3$, $CH_3CH_2\,CHOHCH_3$; ইত্যাদি।

(৩) টারসিয়ারী অ্যালকোহল (Tertiary alcohol)। এ সকল কোহলে $-\!\!>\!COH$ পরমাণুপুঞ্জ থাকিতে হইবে। যথা, $(CH_3)_3C(OH)$, $CH_3CH_2-C(CH_3)_2OH$; ইত্যাদি।

যে সমস্ত অ্যালকিল মূলক OHএর সঙ্গে যুক্ত থাকে তদনুযায়ী অ্যালকোহলের নামকরণ হয়। যেমন, C_2H_5OH (ইথাইল অ্যালকোহল), CH_3OH (মিথাইল অ্যালকোহল), C_4H_9OH (বিউটাইল অ্যালকোহল) ইত্যাদি।

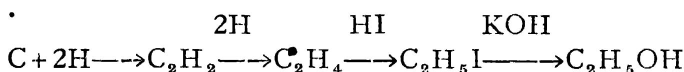
অ্যালকোহলে একটি OH মূলক থাকিলে উহাদের মনোহাইড্রিক অ্যালকোহল [C_2H_5OH, CH_3OH], দুইটি OH মূলক থাকিলে উহাদের

ডাইহাইড্রিক অ্যালকোহল [CH_2OH-CH_2OH] বলা হয়। গ্লিসারিন, $CH_2OH\ CHOHCH_2OH$ অতএব ট্রাইহাইড্রিক অ্যালকোহল।

২৫-১৯। অ্যালকোহল প্রস্তুতি: হাইড্রোকার্বনের হাইড্রোজেনকে সরাসরি প্রতিস্থাপন সম্ভব নয়। সুতরাং পরোক্ষ উপায়ে অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। যেমন:—

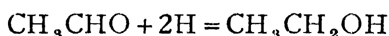
(১) অ্যালকিল হ্যালাইডের সহিত কস্টিক পটাসের বিক্রিয়ার সাহায্যে; $C_2H_5I+KOH=C_2H_5OH+KI.$

বস্তুতঃ এই পদ্ধতিতে উপাদানগুলির সংশ্লেষণ দ্বারাই অ্যালকোহল পাওয়া যাইতে পারে:—



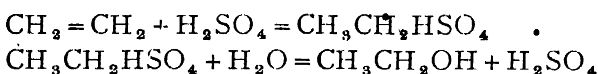
$$C+2H \longrightarrow C_2H_2 \xrightarrow{2H} C_2H_4 \xrightarrow{HI} C_2H_5I \xrightarrow{KOH} C_2H_5OH$$

(২) অ্যালডিহাইডকে জায়মান হাইড্রোজেন ($Na+H_2O$) দ্বারা বিজারিত করিয়া অ্যালকোহল পাওয়া সম্ভব।



$$CH_3CHO+2H=CH_3CH_2OH$$

(৩) ইথিলীন জাতীয় অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বনকে অত্যন্ত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত যুক্ত করিয়া আর্দ্রবিশ্লেষণ করিলে অ্যালকোহল পাওয়া যায়। যেমন—

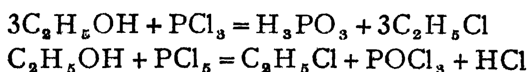


$$CH_2=CH_2+H_2SO_4=CH_3CH_2HSO_4$$
$$CH_3CH_2HSO_4+H_2O=CH_3CH_2OH+H_2SO_4$$

২৫-২০। অ্যালকোহলের ধর্ম: সাধারণ অবস্থায় অ্যালকোহল তরল পদার্থ এবং বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত। অণুর আয়তন বৃদ্ধির সঙ্গে উহারা গাঢ় হইয়া কঠিনাকার ধারণ করে। হালকা কোহলগুলি জলের সহিত সমসত্ত্ব মিশ্রণ করে।

সমগোত্রীয় বলিয়া সমস্ত কোহলেরই রাসায়নিক ধর্ম মোটামুটি একই রকম। উদাহরণ স্বরূপ ইথাইল অ্যালকোহলের ধর্মগুলির উল্লেখ করা যায়।

(১) PCl_3 অথবা PCl_5 এর বিক্রিয়ার ফলে অ্যালকোহলের OH মূলক প্রতিস্থাপিত হইয়া থাকে।



$$3C_2H_5OH+PCl_3=H_3PO_3+3C_2H_5Cl$$
$$C_2H_5OH+PCl_5=C_2H_5Cl+POCl_3+HCl$$

বস্তুতঃ যে কোন OH মূলক সমন্বিত পদার্থের সঙ্গে PCl_5 অনুরূপ বিক্রিয়া করে ; যেমন :

$$H-OH+PCl_5=HCl+POCl_3+HCl$$

অ্যালকোহলে OH মূলকের অস্তিত্ব এই বিক্রিয়া দ্বারাই প্রমাণিত হয়।

ব্রোমিন অথবা আয়োডিন এবং লাল ফসফরাস দ্বারা কোহলের OH মূলক উক্ত হ্যালোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

$$2P+3Br_2=2PBr_3\ ;\ PBr_3+3C_2H_5OH=H_3PO_3+3C_2H_5Br$$

(২) ক্লোরিন অ্যালকোহলকে জারিত করিয়া থাকে :—

$$CH_3CH_2OH+Cl_2=CH_3CHO+2HCl$$
$$CH_3CHO+3Cl_2=CCl_3CHO+3HCl$$

(৩) অ্যালকোহলের সহিত Na অথবা K ধাতু বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপাদন করে :—$C_2H_5OH+K=C_2H_5OK+H$ (ইথোক্সাইড)

(৪) বিভিন্ন জৈব এবং অজৈব অ্যাসিডের সহিত অ্যালকোহল বিক্রিয়া করিয়া "এস্টার" জাতীয় যৌগ সৃষ্টি করে এবং জল উৎপন্ন হয়। গাঢ় H_2SO_4 বা অন্যান্য উপযুক্ত নিরুদক সাহায্যে প্রক্রিয়াটি করা হয়।

অ্যাসিডের আয়নিত হাইড্রোজেন পরমাণুটি অ্যালকোহলের অ্যালকিল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে "এস্টার" (estar) পাওয়া যায়।

$$\underset{\text{(অ্যাসেটিক অ্যাসিড)}}{CH_3COOH}+C_2H_5OH\xrightarrow{H_2SO_4}\underset{\text{(এস্টার)}}{CH_3COOC_2H_5}+H_2O$$

$$CH_3CH_2COOH+CH_3OH\longrightarrow CH_3CH_2COOCH_3+H_2O.$$

(৫) ১০০°C উষ্ণতায় গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অ্যালকোহল সহ এস্টার সৃষ্টি করে। অধিকতর উষ্ণতায় অ্যালকোহলের অনুপাতানুযায়ী দুই রকম ভাবে ইহা বিযোজিত হয়।

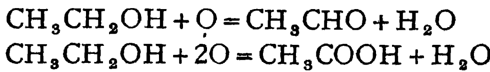
$$C_2H_5OH+H_2SO_4=C_2H_5HSO_4+H_2O$$

(ক) $C_2H_5HSO_4=\underset{\text{ইথিলীন}}{C_2H_4}+H_2SO_4$ (অ্যাসিডের আধিক্যে)

(খ) $C_2H_5HSO_4+C_2H_5OH=\underset{\text{ইথার}}{C_2H_5-O-C_2H_5}+H_2SO_4$ (অ্যালকোহলের আধিক্যে)

[দুইটি অ্যালকিলমূলক অক্সিজেন দ্বারা যুক্ত হইলে ইথার উৎপন্ন হয়।]

(৬) $K_2Cr_2O_7$ এবং H_2SO_4 দ্বারা অ্যালকোহল জারিত হইয়া প্রথমে অ্যালডিহাইড এবং পরে অ্যাসিড দিয়া থাকে।



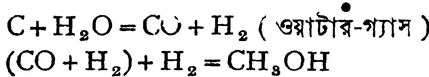
$$CH_3CH_2OH + O = CH_3CHO + H_2O$$
$$CH_3CH_2OH + 2O = CH_3COOH + H_2O$$

সাধারণ কোহলের ভিতর মিথাইল এবং ইথাইল অ্যালকোহলই বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

২৮-২১। মিথাইল অ্যালকোহল, CH_3OH : (১) মিথাইল অ্যালকোহল মিথাইল ক্লোরাইডের উপর কস্টিক পটাসের বিক্রিয়ার ফলে পাওয়া যায়। $CH_3Cl + KOH = CH_3OH + KCl$

কিন্তু প্রচুর পরিমাণে ইহার চাহিদা থাকার জন্য আরও সহজ ও সস্তা উপায়ে ইহা প্রস্তুত হয়।

(২) ওয়াটার-গ্যাস আরও হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া ৪০০°C উষ্ণতায় ক্রোমিয়াম ও জিঙ্ক অক্সাইড প্রভাবকের উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। মিশ্রণটিকে অন্ততঃ ২০০ অ্যাটমসফিয়ার চাপে রাখিতে হইবে।



$C + H_2O = CO + H_2$ (ওয়াটার-গ্যাস)

$(CO + H_2) + H_2 = CH_3OH$

(৩) কাঠের অন্তর্ধূমপাতনে উদ্বায়ী পদার্থগুলিকে ঘনীভূত করিয়া যে তরল পদার্থ পাওয়া যায়, তাহার দুইটি অংশ আছে। (ক) আলকাতরার অংশ, (খ) জলীয় অংশ, পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড (Pyroligneous acid)। এই জলীয় অংশে নানারকম জৈব যৌগিকের সঙ্গে মিথাইল অ্যালকোহলও থাকে। ইহা ছাড়া, কোক বকযন্ত্রে থাকিয়া যায়।

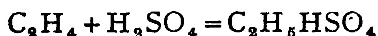
জলীয় অংশ পৃথক করিয়া লইয়া একটি তামার ট্যাঙ্কে রাখিয়া ফুটান হয়। ইহাতে যে বাষ্প উত্থিত হয় তাহাতে মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, অ্যাসিটোন প্রভৃতি থাকে। বাষ্পটি ঈষৎ উষ্ণ গোলাচুনের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে, অ্যাসেটিক অ্যাসিড দূরীভূত হয়। অতঃপর ঠাণ্ডা করিয়া মিথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটোনের একটি মিশ্রণ পাওয়া যায়। আংশিক পাতনের সাহায্যে এই মিশ্রণ হইতে অ্যাসিটোন এবং মিথাইল অ্যালকোহল উদ্ধার করা

হয়। আমাদের দেশে মহীশূরের ভদ্রাবতীতে কাঠের অন্তর্ধূমপাতনের সাহায্যেই ইহা তৈয়ারী হয়।

মিথাইল অ্যালকোহল মোটরের জ্বালানি হিসাবে বহুল ব্যবহৃত হইতেছে। প্লাস্টিক শিল্পের ফরম্যালডিহাইড তৈয়ারী করার জন্যও প্রচুর মিথাইল অ্যালকোহল প্রয়োজন। তাছাড়া, নানাপ্রকার রং, সুগন্ধি, ঔষধ, বার্নিশ, পালিশের কাজে মিথাইল অ্যালকোহল ব্যবহৃত হয়। দ্রাবক হিসাবেও মিথাইল অ্যালকোহলের চাহিদা আছে।

২৫-২২। ইথাইল অ্যালকোহল, C_2H_5OHঃ কোহল গোষ্ঠীতে ইথাইল অ্যালকোহলের গুরুত্বই সর্বাধিক। বৎসরে লক্ষ লক্ষ মণ ইথাইল অ্যালকোহল প্রয়োজন হয। বর্তমানে ইহা প্রধানতঃ দুইটি উপাযে প্রস্তুত করা হয়।

(১) ইথিলীন গ্যাসকে ৮০°-১০০°C উষ্ণতায গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে শোষণ করিয়া লওয়া হয়। ইহাতে ইথাইল হাইড্রোজেন সালফেট হয়। পরে উহাকে ৫০% সালফিউরিক অ্যাসিড সহ ফুটাইলে ইথাইল অ্যালকোহল হয়। পাতিত করিয়া উহা সংগ্রহ করা হয়।



$$C_2H_4 + H_2SO_4 = C_2H_5HSO_4$$



$$C_2H_5HSO_4 + H_2SO_4 + H_2O = C_2H_5OH + 2H_2SO_4$$

(২) **চিনির কোহল-সন্ধান-দ্বারাঃ** ঈস্ট নামক খুব ছোট একপ্রকার উদ্ভিদ আছে। ইহারা বংশবৃদ্ধির জন্য সাধারণতঃ অন্যান্য পদার্থের ধ্বংসের উপর নির্ভর করে। যদি খানিকটা ঈস্ট গ্লুকোজের জলীয় দ্রবণে সাধারণ অবস্থায় মিশাইয়া রাখা যায়, তবে খানিকক্ষণ পরে উহার উপরে ফেনা সঞ্চিত হইবে এবং মনে হইবে যে উহা ফুটিতেছে যদিও উষ্ণতা বৃদ্ধি পায় না। বস্তুতঃ গ্লুকোজ বিযোজিত হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। CO_2 গ্যাস নির্গমনের ফলেই উহাকে ফুটন্ত বলিয়া মনে হয়।



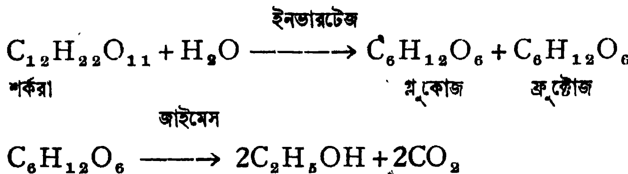
$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

(গ্লুকোজ)

পরীক্ষায় জানা গিয়াছে যে, এই রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য ঈস্টের অভ্যন্তরস্থ একটি নাইট্রোজেন ঘটিত জটিল পদার্থ ই দায়ী। ইহার নাম দেওয়া হইয়াছে "জাইমেস" (Zymase)। যদিও জীবন্ত কোষে ইহার উদ্ভব, কিন্তু জাইমেস

একটি জটিল রাসায়নিক পদার্থ মাত্র। ইহার নিজের কোন প্রাণশক্তি নাই। প্রভাবক হিসাবে ইহারা উপস্থিত হইয়া গ্লুকোজের বিযোজন ঘটায়, ইহাদের নিজেদের কোন রূপান্তর হয় না। জাইমেস সাহায্যে এই প্রক্রিয়াকে "কোহল সন্ধান" (alcoholic fermentation) বলা হয়। ঈস্টের কোষগুলিকে শুকাইয়া লইয়া উহা হইতে "জাইমেস" নিষ্কাষিত করা যায়। সেই "জাইমেস" দ্বারাও গ্লুকোজের সন্ধান করা সম্ভব। অতএব, সন্ধান-প্রক্রিয়াতে জীবনীশক্তির প্রয়োজন নাই।

নানা রকম জীবকোষে এইরূপ বিভিন্ন রকমের জটিল পদার্থ পাওয়া গিয়াছে। ইহারা প্রভাবকরূপেও বিভিন্ন প্রক্রিয়া সংঘটিত করে। এই পদার্থগুলিকে বলে এনজাইম বা উৎসেচক। বিভিন্ন বিক্রিয়াতে বিভিন্ন এনজাইম প্রয়োজন হয় এবং একই জীবকোষে একাধিক প্রকারের এনজাইম থাকিতে পারে। এনজাইমগুলি সচরাচর সাধারণ উষ্ণতায় কার্যকরী হইয়া থাকে। আমাদের জিভের লালাতে "টাইলিন" (ptyalin) নামক একটি এনজাইম আছে। উহা ভাতের স্টার্চকে মল্‌টোজ নামক চিনিতে পরিণত করে, যাহাতে উহা সহজপাচ্য হইতে পারে। ঈস্ট কোষে আর একটি এনজাইম আছে—ইনভারটেজ (Invertase)। উহা শর্করাকে গ্লুকোজে পরিণত করিয়া দেয়। ফলে, আখের চিনির লঘু দ্রবণে ঈস্ট দিলে প্রথমে চিনি হইতে গ্লুকোজ হইবে এবং পরে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হইবে। দুইটিই সন্ধান-প্রক্রিয়া এবং উৎসেচক সাহায্যে সম্পন্ন হইবে।



$$\underset{\text{শর্করা}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{ইনভারটেজ}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{ফ্রুক্টোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

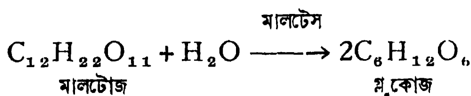
$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{জাইমেস}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

আলু, চাউল, ভুট্টা প্রভৃতি সহজলভ্য ও সস্তা স্টার্চ জাতীয় পদার্থ হইতে বর্তমানে সন্ধান-পদ্ধতিতে ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত হয়। আলুগুলিকে পাতলা পাতলা করিয়া কাটিয়া অতিরিক্ত চাপে স্টীমের সহিত সিদ্ধ করিয়া পিষ্ট করিলে কোষ হইতে স্টার্চ বাহির হইয়া পড়ে। ইহার সহিত মল্ট (Malt) অথবা মিউকার (Mucor) মিশ্রিত করা হয়।

খানিকটা বালি সামান্য জলের সহিত মিশাইয়া খোলা রাখিয়া দিলে উহা ফাঁপিয়া ওঠে এবং পচন সুরু হয়। ইহাকে মণ্ট বলে। মিউকার একজাতীয় ছত্রাক। মণ্ট এবং মিউকার উভয়ের ভিতরেই "ডায়াস্টেস" (Diastase) নামক উৎসেচক আছে।

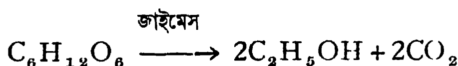
জল মিশ্রিত স্টার্চের সহিত মণ্ট বা মিউকার মিশাইয়া দিলে ৫০°C উষ্ণতায় ডায়াস্টেস দ্বারা স্টার্চ সন্ধিত হইয়া মল্‌টোজে পরিণত হয়। অল্পক্ষণেই এই বিক্রিয়া সম্পন্ন হইয়া যায়। $2(C_6H_{10}O_5)_x + xH_2O = (C_{12}H_{22}O_{11})_x$

তৎপর ঠাণ্ডা করিয়া ঈস্ট মেশানো হয়। ঈস্টের মধ্যে "মালটেস" (Maltase) নামক এনজাইম দ্বারা মালটোজ গ্লুকোজে পরিণত হয। ইহাও আর্দ্র বিশ্লেষণ।



$$\underset{\text{মালটোজ}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{মালটেস}} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{2C_6H_{12}O_6}$$

এই গ্লুকোজ সঙ্গে সঙ্গেই জাইমেস দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়।



$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{জাইমেস}} 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

এই অ্যালকোহলে জল মিশ্রিত থাকে। পুনঃপুনঃ আংশিক পাতন করিয়া উহাকে শতকরা ৯৫·৬% করা হয়। ইহা বাজারে Rectified spirit নামে বিক্রয় হয়। সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যালকোহল পাইতে হইলে প্রথমতঃ চুন এবং পরে ক্যালসিয়াম ধাতুর সান্নিধ্যে পাতিত করিয়া লইতে হয়।

২৮-২৩। ইথাইল অ্যালকোহলের ধর্ম ও ব্যবহার : ইথাইল অ্যালকোহল একটি বর্ণহীন উদ্বায়ী তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক, ৭৮·৫°C। ইহার একটি মিষ্ট গন্ধ আছে। জলের সহিত ইহা যে কোন পরিমাণে সমসত্ত্ব হইয়া মিশিতে পারে।

ইথাইল অ্যালকোহলের রাসায়নিক ধর্ম অন্যান্য অ্যালকোহলের মতই। উহার রাসায়নিক ধর্মাবলী (৩২০) পৃষ্ঠাতে আলোচিত হইয়াছে।

নানা প্রয়োজনে ইথাইল অ্যালকোহল ব্যবহৃত হয়, যেমন :—

(ক) ইথার, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম প্রভৃতি জৈব-জাতীয় পদার্থ প্রস্তুতিতে, (খ) কোন কোন সাবান এবং বলকারী ঔষধ প্রস্তুতিতে, (গ) মোটরের জ্বালানি হিসাবে (পেট্রোলের সহিত মিশ্রিত), (ঘ) রঞ্জন শিল্প ও রেয়ন শিল্পে, (ঙ) বীজবারক হিসাবে, (চ) পানীয় মদ্যরূপে —বিয়ার, হুইস্কি ইত্যাদি, (ছ) মেথিলেটেড স্পিরিটে। বার্নিশের কাজে প্রচুর মেথিলেটেড স্পিরিট

ব্যবহৃত হয়। উহা বস্তুতঃ ইথাইল কোহল। ইথাইল কোহলের সহিত খানিকটা পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড জাত স্পিরিট, কিছু পিরিডিন ও ন্যাপথা মিশাইয়া উহাকে বিষাক্ত করিয়া দেওয়া হয় যাহাতে লোকে পান করিতে না পারে।

২৫-২৪। মিথাইল ও ইথাইল অ্যালকোহলের পার্থক্য ঃ

(১) আয়োডিন ও কস্টিকসোডা সাহায্যে ইথাইল কোহল আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে। মিথাইল কোহলের কোন পরিবর্তন হয় না।

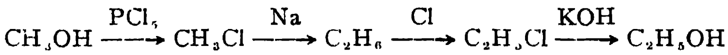


$$4I_2+6NaOH+C_2H_5OH=CHI_3+HCOONa+5NaI+5H_2O$$

(২) অ্যাসিড ও ডাইক্রোমেট দ্বারা জারিত করিলে মিথাইল কোহল ফরম্যালডিহাইড এবং ইথাইল কোহল অ্যাসিট্যালডিহাইড দেয়। বিশিষ্ট গন্ধ দ্বারা উহাদের চিহ্নিত করা যায়।

(৩) স্যালিসিলিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে মিথাইল অ্যালকোহল হইতে মিথাইল স্যালিসিলেট পাওয়া যায়। উহার বিশিষ্ট গন্ধ আছে। ইথাইল স্যালিসিলেটের গন্ধ সম্পূর্ণ ভিন্ন।

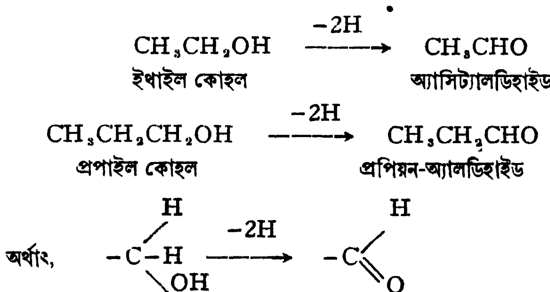
মিথাইল কোহলকে ইথাইল কোহলে পরিণত করা সম্ভব।



$$CH_3OH \xrightarrow{PCl_5} CH_3Cl \xrightarrow{Na} C_2H_6 \xrightarrow{Cl} C_2H_5Cl \xrightarrow{KOH} C_2H_5OH$$

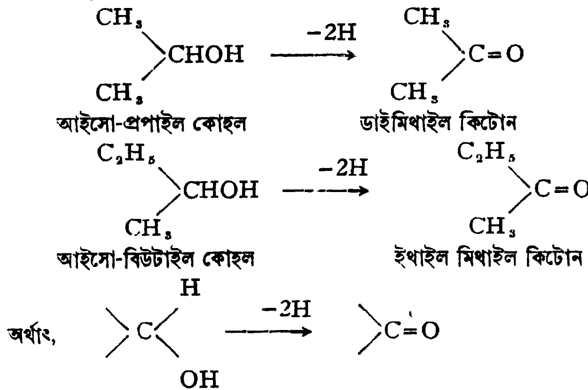
অ্যালডিহাইড এবং কিটোন

২৫-২৫। অ্যালডিহাইড ঃ প্রাইমারী কোহলকে ধীরে ধীরে জারিত করিলে উহার $-CH_2OH$ পরমাণুপুঞ্জ হইতে দুইটি হাইড্রোজেন বিতাড়িত হইয়া থাকে। ইহার ফলে যে পদার্থ উদ্ভূত হয় তাহাকেই অ্যালডিহাইড বলে। যেমন ঃ—



অতএব অ্যালডিহাইড মাত্রেই $-CHO$ মূলক থাকিবে এবং কার্বনের অবশিষ্ট যোজকের সহিত অ্যালকিল মূলক অথবা হাইড্রোজেন যুক্ত থাকিবে।

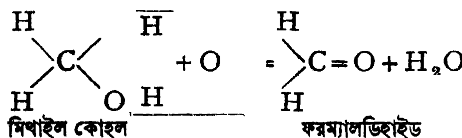
২৫-২৬। কিটোন : সেকেণ্ডারী কোহলকে অনুরূপভাবে জারিত করিলে উহার – CHOH – পুঞ্জ হইতেও দুইটি হাইড্রোজেন বিতাড়িত হইয়া যায়। উদ্ভূত পদার্থকে কিটোন বলা হয়।



সুতরাং, কিটোন মাত্রেই >C=O মূলক থাকিবে এবং কার্বনের অবশিষ্ট দুইটি যোজ্যতা অ্যালকিল মূলকদ্বারা যুক্ত থাকিবে।

অ্যালডিহাইড এবং কিটোন এই দুই জাতীয় পদার্থেই C=O আছে এবং এই C=O পুঞ্জকে কার্বনিল-মূলক বলা হয়। ফলে, অ্যালডিহাইড এবং কিটোনের রাসায়নিক গুণাবলীর মধ্যে অনেক সাদৃশ্য দেখা যায়।

২৫-২৭। ফরম্যালডিহাইড, HCHO। প্রস্তুতি : বাতাসের সহিত মিথাইল কোহলের বাষ্প মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত কপারের তারজালির (৬০০°C) উপর দিয়া প্রবাহিত করিলে ফরম্যালডিহাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। উহাকে জলে শোষণ করাইলে ফরম্যালডিহাইড দ্রবণ পাওয়া যায়।



ধর্ম : ফরম্যালডিহাইড তীব্র গন্ধযুক্ত গ্যাস। জলে উহা অত্যন্ত দ্রবণীয়।

(১) ফরম্যালডিহাইডের বিজারণের ফলে মিথাইল কোহল এবং জারণের ফলে ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$HCHO + O = HCOOH$ (ফরমিক অ্যাসিড)



$HCHO + H_2 = CH_3OH$ (মিথাইল কোহল)

(২) ফরম্যালডিহাইড অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করিয়া কঠিন ইউরো-ট্রোপিন উৎপন্ন করে। $6HCHO + 4NH_3 = (CH_2)_6N_4 + 6H_2O$

অন্যান্য রাসায়নিক বিক্রিয়া ঠিক অ্যাসিট্যালডিহাইডের মত। পরবর্তী পৃষ্ঠাতে সেগুলি আলোচিত হইয়াছে।

প্লাস্টিক শিল্পে প্রচুর ফরম্যালডিহাইড প্রয়োজন হয়। ব্যাকেলাইট ফরম্যালডিহাইড হইতে তৈয়ারী হয়। বীজবারক হিসাবে প্রচুর ফরম্যালডি-হাইড ব্যবহৃত হয়। চর্ম শিল্পে, রঞ্জক প্রস্তুতিতে এবং কোন কোন বিস্ফোরক তৈয়ারী করিতেও ফরম্যালডিহাইড প্রয়োজন হয়।

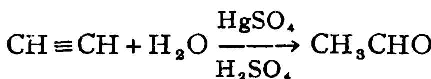
২৫-২৮। অ্যাসিট্যালডিহাইড, CH_3CHO। প্রস্তুতি:

(১) বিচূর্ণ ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ইথাইল কোহল উত্তপ্ত করিয়া পাতিত করিলে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাওয়া যায়। ইথাইল কোহল জারিত হইয়া যায়।



$$CH_3CH_2OH + O = CH_3CHO + H_2O$$

(২) প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিট্যালডিহাইড আজকাল অ্যাসিটিলীন গ্যাস হইতে প্রস্তুত করা হয়। $HgSO_4$ (২০% H_2SO_4) প্রভাবকের সান্নিধ্যে অ্যাসিটিলীন গ্যাস ১০০°C উষ্ণতায় জল গ্রহণ করিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়।



$$CH \equiv CH + H_2O \xrightarrow[H_2SO_4]{HgSO_4} CH_3CHO$$

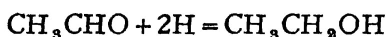
ধর্ম: অ্যাসিট্যালডিহাইড বর্ণহীন তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক, ২১°C। বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহার একটি ঝাঁঝাল তীব্র গন্ধ আছে। জল, কোহল, ইথার প্রভৃতির সহিত ইহা সমসত্ত্বভাবে মিশিতে পারে।

অ্যাসিট্যালডিহাইডের রাসায়নিক সক্রিয়তা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। অন্যান্য অ্যালডিহাইডেও এই সকল ধর্ম পরিলক্ষিত হয়।

(১) বাতাসের অক্সিজেন অথবা অন্যান্য জারক দ্রব্যের সহিত বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিট্যালডিহাইড সমসংখ্যক কার্বনযুক্ত অ্যাসিডে পরিণত হইয়া থাকে :— $CH_3CHO + O = CH_3COOH$

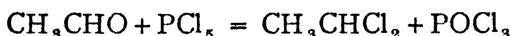
(অ্যাসেটিক অ্যাসিড)

(২) পক্ষান্তরে সোডিয়াম পারদসঙ্কর এবং জল হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেন দ্বারা অ্যাসিট্যালডিহাইড বিজারিত হইয়া কোহলে পরিণত হয়।



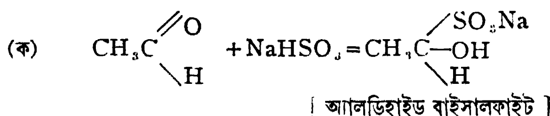
$$CH_3CHO + 2H = CH_3CH_2OH$$

(৩) অ্যাসিট্যালডিহাইডের অক্সিজেন পরমাণুটি PCl_5এর ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, কিন্তু কোন HCl উৎপন্ন হয় না। OH মূলক থাকিলে এইরূপ বিক্রিয়ায় HCl উপজাত হইত।



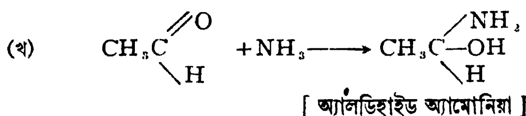
$$CH_3CHO + PCl_5 = CH_3CHCl_2 + POCl_3$$

(৪) $-CHO$ মূলক থাকার জন্য অ্যাসিট্যালডিহাইড নানা রকম পদার্থের সহিত যুত-যৌগিক (additive) সৃষ্টি করে। এই সকল বিক্রিয়ার সময় কার্বনিল-পুঞ্জের দ্বিবন্ধটি উন্মুক্ত হইয়া যায়। যেমন ঃ—



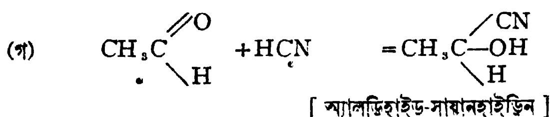
(ক) $CH_3C(=O)H + NaHSO_3 = CH_3C(SO_3Na)(OH)H$

[অ্যালডিহাইড বাইসালফাইট]



(খ) $CH_3C(=O)H + NH_3 \longrightarrow CH_3C(NH_2)(OH)H$

[অ্যালডিহাইড অ্যামোনিয়া]



(গ) $CH_3C(=O)H + HCN = CH_3C(CN)(OH)H$

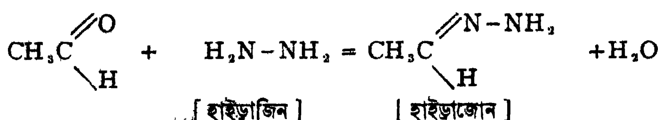
[অ্যালডিহাইড-সায়ানহাইড্রিন]

সায়ানহাইড্রিন-যৌগ আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এই-ভাবে অনেক সময় অ্যাসিড তৈয়ারী করা হয়।



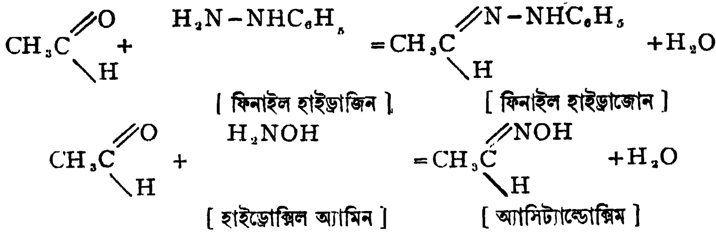
$$CH_3C(CN)(OH)H \xrightarrow{2H_2O} CH_3C(COOH)(OH)H + NH_3$$

(৫) নানা রকম অ্যামিনো-যৌগের সহিত অ্যাসিট্যালডিহাইড সহজেই বিক্রিয়া করে। এই সকল বিক্রিয়াতে একটি জলের অণু বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়।

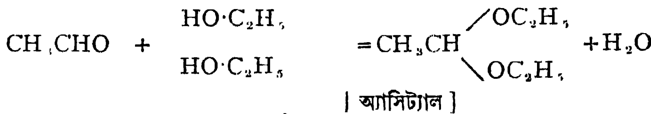


$$CH_3C(=O)H + H_2N-NH_2 = CH_3C(=N-NH_2)H + H_2O$$

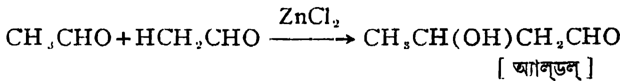
[হাইড্রাজিন] [হাইড্রাজোন]



(৬) HCl গ্যাস প্রভাবকের উপস্থিতিতে অ্যাসিট্যালডিহাইড কোহলের সহিত যুক্ত হয়, একটি জলের অণু বিচ্ছিন্ন হইয়া যায়।

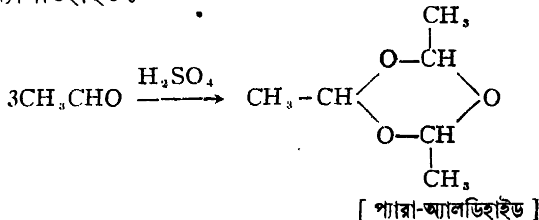


(৭) **বহু-সংযোগ ক্রিয়াঃ** (ক) লঘু-ক্ষারদ্রবণ অথবা জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রভাবকের সান্নিধ্যে, দুইটি অ্যাসিট্যালডিহাইড অণু মিলিত হইয়া অ্যালডল্ নামক যৌগ উৎপাদন করে।



OH এবং CHO এই উভয় মূলক থাকার জন্য অ্যালডলে কোহল এবং অ্যালডিহাইড উভয়েরই ধর্ম বিদ্যমান।

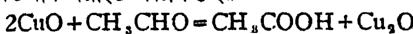
(খ) অনার্দ্র অ্যাসিট্যালডিহাইডে একফোঁটা গাঢ় H_2SO_4 দিলে, অ্যাসিট্যালডিহাইডের তিনটি অণু যুক্ত হইয়া একটি ভারী তরল পদার্থের সৃষ্টি করে। ইহার নাম প্যারা-অ্যালডিহাইড:



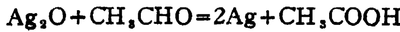
[প্যারা-অ্যালডিহাইড]

অ্যাসিট্যালডিহাইডের পরীক্ষা: নিম্নলিখিত পরীক্ষার সাহায্যে অ্যালডিহাইডের অস্তিত্ব প্রমাণ করা যায়।

(ক) ক্ষারীয় ফেলিং-দ্রবণ অ্যাসিট্যালডিহাইড সহ গরম করিলে দ্রবণের নীল রং দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত হয়।


$$2CuO+CH_3CHO=CH_3COOH+Cu_2O$$

(খ) অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ অ্যালডিহাইডসহ উষ্ণ করিলে উহা হইতে ধাতব সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পাত্রের গায়ে জমিয়া থাকে।



$$Ag_2O+CH_3CHO=2Ag+CH_3COOH$$

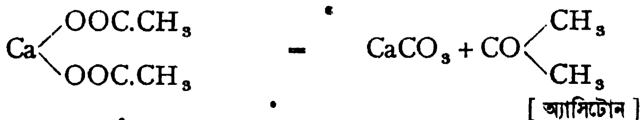
(গ) বর্ণহীন ম্যাজেণ্টার দ্রবণে অ্যালডিহাইড দিলে উহা তৎক্ষণাৎ লালবর্ণ ধারণ করে।

অ্যাসিট্যালডিহাইড রঞ্জন প্রস্তুতিতে এবং কোন কোন ঔষধ প্রস্তুতিতে প্রয়োজন হয়। ইহা হইতে কোহল, অ্যাসেটিক অ্যাসিড ইত্যাদি তৈয়ারী হয়।

অ্যাসিটোন

২৫-২৯। ডাইমিথাইল কিটোন, CH_3COCH_3 : ইহাই কিটোনদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা সরল। ইহা সাধারণতঃ **অ্যাসিটোন** নামে পরিচিত।

প্রস্তুতি : বকযন্ত্রে অনার্দ্র এবং বিশুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট লইয়া উত্তপ্ত করিলে, উহা তাপ-বিয়োজিত হইয়া অ্যাসিটোন উৎপন্ন করে। উদ্বায়ী অ্যাসি-টোনের বাষ্প শীতকের সাহায্যে ঠাণ্ডা করিয়া গ্রাহকে সংগৃহীত করা হয় (চিত্র)।



$$Ca\begin{cases}OOC.CH_3\\OOC.CH_3\end{cases} = CaCO_3+CO\begin{cases}CH_3\\CH_3\end{cases}$$

[অ্যাসিটোন]

আরও নানাবিধ উপায়ে অ্যাসিটোন প্রস্তুত করা হয়।

(ক) আইসো-প্রপাইল কোহলকে ডায়ক্রোমেট-সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত করিলেও অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।



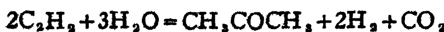
$$CH_3CHOH.CH_3+O=CH_3COCH_3+H_2O$$

(খ) উত্তপ্ত অ্যালুমিনা (Al_2O_3) প্রভাবকের উপর দিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বাষ্প পরিচালনা করিলে অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।



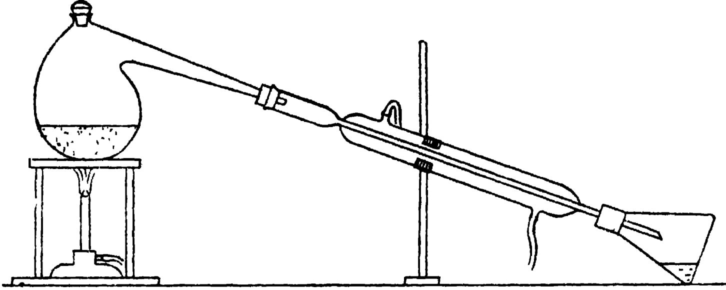
$$CH_3CO\,OH+HOOC\,CH_3=CH_3COCH_3+CO_2+H_2O$$

(গ) অ্যাসিটিলীন স্টীম সহযোগে উত্তপ্ত ZnOএর উপর দিয়া প্রবাহিত করাইলে অ্যাসিটোন উৎপন্ন হয়।



$$2C_2H_2+3H_2O=CH_3COCH_3+2H_2+CO_2$$

কাঠের অন্তর্ধূমপাতনের ফলে যে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড পাওয়া যায়, উহা হইতে অ্যাসিটোন প্রধানতঃ সংগৃহীত হয়। (পৃ. ৩২১)



চিত্র–৬অ্যাসিটোন প্রস্তুতকরণ

ধর্ম ঃ অ্যাসিটোন বর্ণহীন বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। স্ফুটনাঙ্ক, ৫৬·৫°C। অ্যাসিটোন দাহ্য পদার্থ। কোহল, ইথার প্রভৃতির সঙ্গে অ্যাসিটোন যে কোন অনুপাতে সমসত্ত্বভাবে মিশিতে পারে। অ্যাসিটোনের রাসায়নিক ধর্মগুলি অন্যান্য সমস্ত কিটোনেই পরিলক্ষিত হয়।

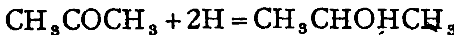
(১) জারণের ফলে অ্যাসিটোন হইতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।



$$CH_3COCH_3 + 4O = CH_3COOH + CO_2 + H_2O$$

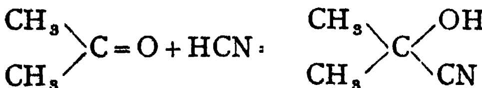
কিটোনের জারণে যে অ্যাসিড হয় তাহাতে সর্বদাই কার্বনের সংখ্যা হ্রাস পায়।

(২) জায়মান হাইড্রোজেন ($NaHg + H_2O$) দ্বারা বিজারিত করিলে অ্যাসিটোন আইসোপ্রপাইল কোহলে পরিণত হইয়া যায়।



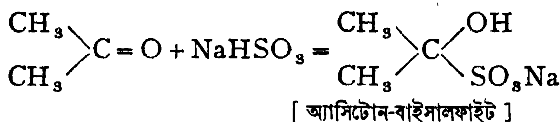
$$CH_3COCH_3 + 2H = CH_3CHOHCH_3$$

(৩) কার্বনিল-পুঞ্জ থাকার জন্য অ্যালডিহাইডের মতই, অ্যাসিটোন নানারকম যুত-যৌগিক সৃষ্টি করিতে পারে :—

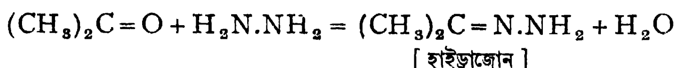


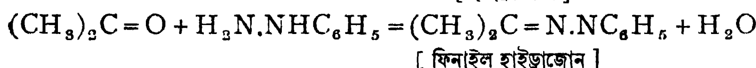
$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \Big\rangle C = O + HCN = \begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \Big\rangle C \Big\langle \begin{matrix} OH \\ CN \end{matrix}$$

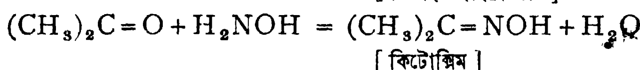
[অ্যাসিটোন সায়ানহাইড্রিন]



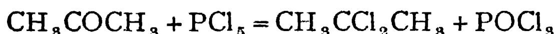
(৪) অ্যালডিহাইডের মতই, অ্যামিনো-যৌগের সহিত অ্যাসিটোন বিক্রিয়া করে। এই সব বিক্রিয়াতে জল বিচ্ছিন্ন হয়।





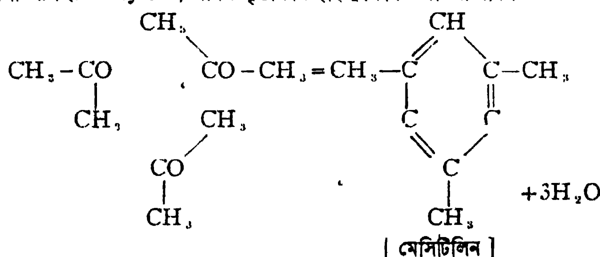


(৫) PCl_5এর সহিত অ্যাসিটোন বিক্রিয়া করিয়া ডাই-ক্লোরো-প্রোপেন দেয়।

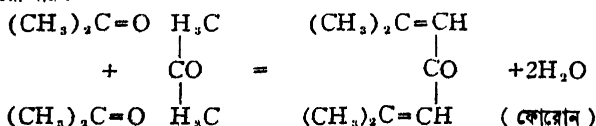


(৬) অ্যাসিটোন I_2 এবং ক্ষারের সহিত আয়োডোফর্ম উৎপন্ন করে এবং বিরঞ্জক চূর্ণ দ্বারা ক্লোরোফর্মে পরিণত হয়।

(৭) (ক) অ্যাসিটোনকে গাঢ় H_2SO_4এর সহিত পাতিত করিলে তিনটি অণুর সংযোগে মেসিটিলীন (mesitylene) নামক বৃত্তাকার হাইড্রোকার্বন পাওয়া যায়।



(খ) HCl gas দ্বারা অ্যাসিটোনকে সংপৃক্ত করিয়া রাখিলে, উহা হইতে ফোরন (phorone) পাওয়া যায়।



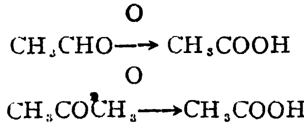
অ্যাসিটোনের ব্যবহার—ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম ও কোন কোন ঔষধ প্রস্তুতিতে অ্যাসিটোন ব্যবহৃত হয়। সেলুলয়েড এবং অন্যান্য প্লাস্টিক শিল্পে অ্যাসিটোন প্রয়োজন হয়। দ্রাবক হিসাবে অ্যাসিটোন প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

অ্যাসিটোনের পরীক্ষা ঃ (১) আয়োডিন এবং অ্যামোনিয়া ক্ষারকের সংযোগে অ্যাসিটোন হইতে আয়োডোফর্ম স্ফটিক পাওয়া যায়। (২) সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড ও কস্টিক-সোডার সংযোগে অ্যাসিটোন কমলা বর্ণ ধারণ করে। ধীরে ধীরে উহা হল্‌দে হইয়া যায়।

২৫-৩০। অ্যাসিটোন ও অ্যালডিহাইডের তুলনা ঃ

(১) কার্বনিল পুঞ্জ থাকার জন্য অধিকাংশ রাসায়নিক ধর্মই উভয়ের এক রকম। PCl_5, অ্যামিনো যৌগ, HCN, $NaHSO_3$ প্রভৃতি বিকারকের সহিত অ্যাসিটোন এবং অ্যালডিহাইড ঠিক একইরূপ বিক্রিয়া করে।

(২) জারণের ফলে অ্যালডিহাইড সমসংখ্যক কার্বন পরমাণুসমন্বিত অ্যাসিড দেয়। কিন্তু কিটোনের জারণের ফলে যে অ্যাসিড পাওয়া যায়, তাহাতে কার্বন পরমাণুর সংখ্যা হ্রাস পায়।



$$CH_3CHO \xrightarrow{O} CH_3COOH$$

$$CH_3COCH_3 \xrightarrow{O} CH_3COOH$$

(৩) বিজারণের ফলে অ্যালডিহাইড প্রাইমারী কোহল এবং অ্যাসিটোন সেকেণ্ডারী কোহল উৎপন্ন করে।

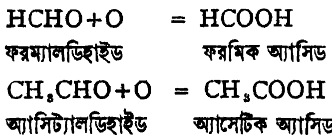
(৪) অ্যালডিহাইড ক্ষারীয় ফেলিং এবং সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ বিজারিত করে। অ্যাসিটোনের এইরূপ বিজারণ ক্ষমতা নাই।

(৫) অ্যাসিট্যালডিহাইড সংযোগ মাত্রই বর্ণহীন ম্যাজেণ্টার রঙ পুনরুদ্ধার করে কিন্তু অ্যাসিটোন সহজে এরূপ করিতে পারে না।

(৬) অ্যাসিট্যালডিহাইডের বহু-সংযোগ ক্রিয়া সহজেই নিষ্পন্ন হয়। অ্যাসিটোনের এরূপ বিক্রিয়া দেখা যায় না।

জৈব-অ্যাসিড

আমরা দেখিয়াছি, অ্যালডিহাইডের জারণের ফলে অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অ্যালডিহাইডের –CHO মূলকের সহিত একটি অক্সিজেন পরমাণু যুক্ত হইয়া উহা –COOH মূলকে পরিণত হয়। অ্যাসিড মাত্রেরই পরমাণুতে –COOH মূলক থাকিবে। অর্থাৎ যে সকল জৈব-যৌগে –COOH মূলক আছে উহারাই অ্যাসিড।



$$HCHO + O = HCOOH$$

ফরম্যালডিহাইড — ফরমিক অ্যাসিড

$$CH_3CHO + O = CH_3COOH$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড — অ্যাসেটিক অ্যাসিড

দেখা যাইতেছে, হাইড্রোকার্বনের জারণের ফলে ক্রমে ক্রমে কোহল, অ্যালডিহাইড এবং সর্বশেষে অ্যাসিড পাওয়া যায়।

$CH_4 \longrightarrow CH_3OH \longrightarrow HCHO \longrightarrow HCOOH$
মিথেন মিথাইল কোহল ফরম্যালডিহাইড ফরমিক অ্যাসিড

$C_2H_6 \longrightarrow CH_3CH_2OH \longrightarrow CH_3CHO \longrightarrow CH_3COOH$
ইথেন ইথাইল কোহল অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যাসেটিক অ্যাসিড

$C_3H_8 \longrightarrow CH_3CH_2CH_2OH \longrightarrow CH_3CH_2CHO \longrightarrow CH_3CH_2COOH$
প্রপেন প্রপাইল কোহল প্রপিয়ন-অ্যালডিহাইড প্রপিয়নিক অ্যাসিড

$-COOH$ মূলকটিকে কার্বোক্সিল মূলক বলে। উহার যোজ্যতা এক, $-C\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow OH\end{smallmatrix}$ । অতএব অ্যাসিডের সাধারণ সঙ্কেত $R-COOH$। R যে কোন অ্যালকিল মূলক বুঝাইতে পারে। ইহারা সর্বদাই ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে এবং $-COOH$ মূলকের হাইড্রোজেনটি বিয়োজিত হইয়া H^+ আয়ন উৎপন্ন করে। এইজন্য ইহাদের অ্যাসিড বলা হয়।

$$RCOOH \rightleftharpoons RCOO' + H^+$$

বহু জৈবপদার্থের অণুতে একাধিক $-COOH$ মূলকও থাকিতে পারে। সংখ্যা-অনুযায়ী অ্যাসিডগুলিকে মনো-কার্বক্সিলিক, ডাই-কার্বক্সিলিক, ট্রাই-কার্বক্সিলিক ইত্যাদি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে। যেমন :—

(১) মনো-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ; CH_3COOH, C_4H_9COOH ইত্যাদি।

(২) ডাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড, $\begin{matrix}COOH \\ | \\ COOH\end{matrix}$, $\begin{matrix}CH_2COOH \\ | \\ CH_2COOH\end{matrix}$ ইত্যাদি।
অক্সালিক অ্যাসিড সাক্সিনিক অ্যাসিড

$HOOC-CHOH-CHOH-COOH$ (টারটারিক অ্যাসিড)

(৩) ট্রাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড, $\begin{matrix}CH_2COOH \\ | \\ C(OH)COOH \\ | \\ CH_2COOH\end{matrix}$ (সাইট্রিক অ্যাসিড)

নানারকমের অ্যাসিড আমাদের বিভিন্ন কাজে প্রয়োজন। যেমন অ্যাসেটিক অ্যাসিড (সির্কা) খাদ্য প্রস্তুতিতে, অক্সালিক অ্যাসিড, টারটারিক অ্যাসিড, সাইট্রিক অ্যাসিড বস্ত্ররঞ্জনে ব্যবহার হয়। শেষোক্ত অ্যাসিডদ্বয় নানা পানীয় প্রস্তুতিতেও ব্যবহৃত হয়।

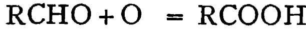
মনো-কার্বক্সিলিক অ্যাসিডগুলি প্রায়ই জান্তব চর্বি অথবা উদ্ভিজ্জ তৈল হইতে পাওয়া গিয়াছে বলিয়া উহাদের অনেক সময় **ফ্যাটি অ্যাসিড** অথবা **স্নেহজ অম্ল** বলা হয়। সব রকমের তৈল বা চর্বিতেই আমরা কোন না কোন ফ্যাটি অ্যাসিডকে গ্লিসারিনের সহিত যুক্ত দেখিতে পাই।

২৮-৩১। জৈব-অ্যাসিডের সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী ও ধর্ম ঃ জৈব-অ্যাসিডগুলি প্রস্তুত করার মোটামুটি কয়েকটি নিয়ম আছে। এই সকল উপায়ে প্রায় সমস্ত অ্যাসিডই প্রস্তুত করা যায়।

(১) অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড বা কিটোনকে উপযুক্ত বিকারক সাহায্যে জারিত করিতে পারিলে অ্যাসিড উৎপন্ন হয় ঃ—



$$RCH_2OH + O_2 = RCOOH + H_2O$$



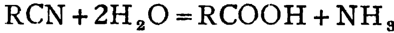
$$RCHO + O = RCOOH$$



$$RCOCH_3 + 2O_2 = RCOOH + CO_2 + H_2O$$

R চিহ্ন দ্বারা যে-কোন অ্যালকিল মূলক নির্দেশ করা হয়।

(২) অ্যালকিল সায়ানাইডের আর্দ্র বিশ্লেষণে অ্যাসিড হয় ঃ—

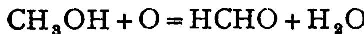


$$RCN + 2H_2O = RCOOH + NH_3$$

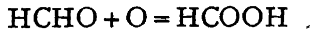
লঘুভার অ্যাসিডসমূহ তীব্রগন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। উহাদের যথেষ্ট অম্লত্ব আছে। ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহারা লবণ উৎপাদন করে এবং ধাতব জিঙ্ক উহাদের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে। PCl_5 উহাদের OH মূলককে Cl_2 দ্বারা প্রতিস্থাপিত করে। Cl_2 অ্যালকিল মূলকের সহিত বিক্রিয়া করে। কোহলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহারা এস্টার উৎপাদন করে। অ্যাসিডের এই সকল বিক্রিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডের ধর্ম হিসাবে আলোচিত হইয়াছে।

২৮-৩২। ফরমিক অ্যাসিড (HCOOH) ঃ লাল পিঁপড়ার কামড়ে যে রস নিঃসৃত হয় উহাতে ফরমিক অ্যাসিড থাকে।

প্রস্তুতি ঃ (১) প্লাটিনাম প্রভাবকের সান্নিধ্যে অক্সিজেন দ্বারা ফরম্যাল-ডিহাইড অথবা মিথাইল কোহলের জারণের ফলে ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায় ঃ—

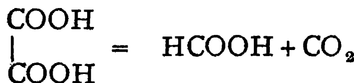


$$CH_3OH + O = HCHO + H_2O$$



$$HCHO + O = HCOOH$$

(২) ল্যাবরেটরীতে সচরাচর গ্লিসারিনের সহিত অক্সালিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিয়া ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়।

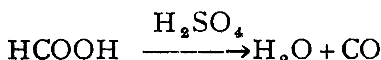


$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array} = HCOOH + CO_2$$

গ্লিসারিনের কোন পরিবর্তন হয় না।

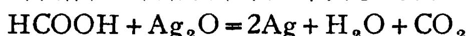
ধর্ম : ফরমিক অ্যাসিড তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত, বর্ণহীন তরল পদার্থ। জল, কোহল এবং ইথারে উহা দ্রবণীয়। ইহা একটি তীব্র অম্ল।

গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডসহ ফরমিক অ্যাসিড উত্তপ্ত করিলে উহা বিযোজিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়।



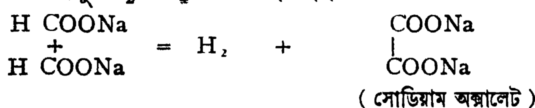
$$HCOOH \xrightarrow{H_2SO_4} H_2O + CO$$

ফরমিক অ্যাসিডের বিজারণ ক্ষমতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। কারণ, অন্যান্য অ্যাসিডের এই গুণ দেখা যায় না। ফরমিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেটকে বিজারিত করিয়া সিলভার অধঃক্ষিপ্ত করে।



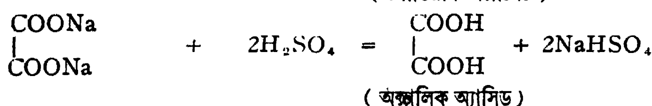
$$HCOOH + Ag_2O = 2Ag + H_2O + CO_2$$

সোডিয়াম ফরমেট উত্তপ্ত করিলে (৪০০°C) সোডিয়াম অক্সালেট পাওয়া যায়। লঘু H_2SO_4 দ্বারা উহা হইতে অক্সালিক অ্যাসিড তৈয়ারী হয়।



$$\begin{matrix} H\ COONa \\ + \\ H\ COONa \end{matrix} = H_2 + \begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix}$$

(সোডিয়াম অক্সালেট)



$$\begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix} + 2H_2SO_4 = \begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2NaHSO_4$$

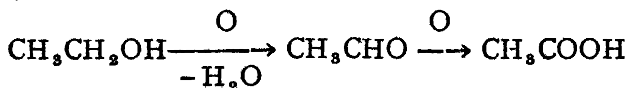
(অক্সালিক অ্যাসিড)

ব্যবহার : পশম ও তুলার রঞ্জন শিল্পে, চর্ম শিল্পে, রবার প্রস্তুতিতে ফরমিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। বীজবারক হিসাবেও ফরমিক অ্যাসিড ব্যবহার হয়।

পরীক্ষা : (১) প্রশম $FeCl_3$ দ্রবণে ফরমেট গাঢ় লাল রঙ ধারণ করে। (২) অ্যামোনিয়া যুক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ ফরমেট দ্বারা বিজারিত হইয়া সিলভার দেয়। (৩) মারকিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণ ফরমেট দ্বারা বিজারিত হইয়া মারকিউরাস ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ দেয়।

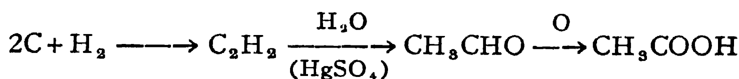
২৫-৩৩। অ্যাসেটিক অ্যাসিড, CH_3COOH : দ্রাক্ষারস-জাত সির্কাতে যে অম্ল থাকে উহাই ভিনিগার বা অ্যাসেটিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণ। যে সব মদ টকিয়া যায় তাহাতেও অ্যাসেটিক অ্যাসিড থাকে। নানারকম উদ্ভিজ্জ তৈল বা নির্যাসেও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের বিভিন্ন যৌগ থাকে।

প্রস্তুতি : (১) ডায়ক্রোমেট এবং সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা ইথাইল কোহল জারিত করিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়।



$$CH_3CH_2OH \xrightarrow[-H_2O]{O} CH_3CHO \xrightarrow{O} CH_3COOH$$

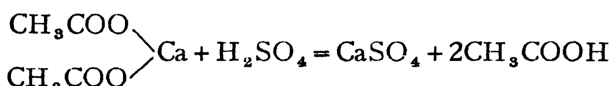
(২) অ্যাসিটিলীন গ্যাস ৪০% গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিচালিত করিলে উহা প্রথমে অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত হয়। মারকিউরিক সালফেট প্রভাবক হিসাবে ব্যবহার করিতে হইবে। পরে বাতাসের সাহায্যে অ্যালডিহাইড জারিত হইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিড দেয়।



$$2C + H_2 \longrightarrow C_2H_2 \xrightarrow[(HgSO_4)]{H_2O} CH_3CHO \xrightarrow{O} CH_3COOH$$

(অর্থাৎ মৌল হইতেই অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব)

(৩) কাঠের অন্তর্ধূমপাতনের ফলে পাতিত অবস্থায় আলকাতরা ও জলীয় দ্রবণ পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড পাওয়া যায়। উহাতে নানারকম জৈবপদার্থ ও অ্যাসেটিক অ্যাসিড থাকে। এই জলীয় দ্রবণে চুন মিশাইয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে ক্যালসিয়াম লবণে পরিণত করা হয়। ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে উপযুক্ত পরিমাণ গাঢ় H_2SO_4 সহ মিশ্রিত করা হয়। পাতনের দ্বারা এই মিশ্রণ হইতে অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$\begin{matrix} CH_3COO \\ CH_3COO \end{matrix}\Big\rangle Ca + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2CH_3COOH$$

(৪) সির্কা হিসাবে বাজারে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের প্রচুর চাহিদা আছে। "Acetobacter aceti" ব্যাক্টেরিয়া দ্বারা মদের ইথাইল কোহলের "সন্ধান" করিয়া অ্যাসেটিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণ অর্থাৎ ভিনিগার বা সির্কা পাওয়া যায়। কাঠের গুঁড়ার উপর এই বীজাণু প্রথম জন্মাইয়া লওয়া হয়। একটি প্রকাণ্ড কাঠের পিপাতে ঐ কাঠের গুঁড়া রাখিয়া উপর হইতে কোহল (মদ্যজাতীয়) নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয় এবং নীচ হইতে উপরের দিকে বায়ু পরিচালনা করা হয়। কোহল আস্তে আস্তে অ্যাসেটিক অ্যাসিডে পরিণত হইয়া যায়।

ধর্ম : অ্যাসেটিক অ্যাসিড বিশিষ্ট তীব্রগন্ধযুক্ত বর্ণহীন তরল পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক, ১১৮°C)। ১৬·৭°C উষ্ণতায় ইহা হিমায়িত হইয়া স্বচ্ছ বরফের মত পদার্থে পরিণত হয়। এই জন্য বিশুদ্ধ গাঢ় অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে "গ্ল্যাসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিড" বলে। জল, কোহল, ইথার প্রভৃতির সহিত ইহা সমসত্ত্ব দ্রবণের সৃষ্টি করে। অ্যাসেটিক অ্যাসিড বহু জৈবপদার্থের দ্রাবক, এমনকি, আয়োডিন, ফসফরাস, সালফারও ইহাতে দ্রবীভূত হয়। ক্ষারকের সহিত

বিক্রিয়ার ফলে নানারকম অ্যাসিটেট লবণ উৎপন্ন হয়। অ্যাসেটিক অ্যাসিডের রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহের মধ্যে প্রধানতঃ উল্লেখযোগ্য :—

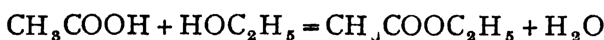
(১) PCl_5 দ্বারা অ্যাসেটিক অ্যাসিডের OH মূলক প্রতিস্থাপিত হয় এবং অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড পাওয়া যায়। CH_3CO- মূলকটিকে অ্যাসিটাইল মূলক বলে।



$$CH_3COOH + PCl_5 = CH_3COCl + POCl_3 + HCl$$

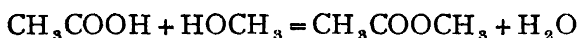
(অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড)

(২) গাঢ় H_2SO_4 এর প্রভাবে, বিভিন্ন কোহলের সহিত অ্যাসেটিক অ্যাসিড যুক্ত হইয়া "এস্টার" জাতীয় পদার্থ উৎপাদন করে। একটি জলের অণু এই সংযোগ কালে বিচ্ছিন্ন হইয়া থাকে।



$$CH_3COOH + HOC_2H_5 = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

ইথাইল কোহল ইথাইল অ্যাসিটেট

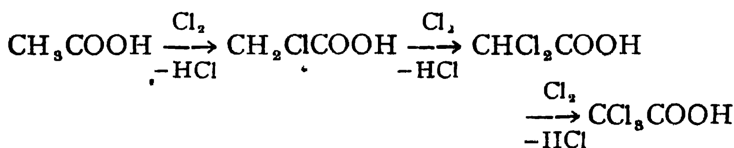


$$CH_3COOH + HOCH_3 = CH_3COOCH_3 + H_2O$$

মিথাইল কোহল মিথাইল অ্যাসিটেট

সব অ্যাসিডই অনুরূপ ব্যবহার করে।

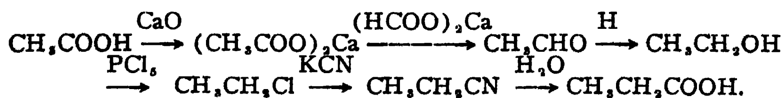
(৩) ফুটন্ত অ্যাসেটিক অ্যাসিডে Cl_2 গ্যাস পরিচালিত করিলে অ্যালকিল মূলকের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয় :—



$$CH_3COOH \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} CH_2ClCOOH \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} CHCl_2COOH \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} CCl_3COOH$$

উৎপন্ন পদার্থগুলিকে ক্লোরো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড বলা হয়।

(৪) অ্যাসেটিক অ্যাসিডকে কার্বন-সংখ্যা বৃদ্ধি করিয়া সমগোত্রী প্রপিয়নিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায়।

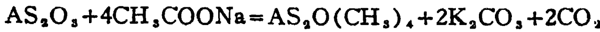


$$CH_3COOH \xrightarrow{CaO} (CH_3COO)_2Ca \xrightarrow{(HCOO)_2Ca} CH_3CHO \xrightarrow{H} CH_3CH_2OH$$
$$\xrightarrow{PCl_5} CH_3CH_2Cl \xrightarrow{KCN} CH_3CH_2CN \xrightarrow{H_2O} CH_3CH_2COOH.$$

ব্যবহার : ঔষধ প্রস্তুতি, রাগবন্ধন, খাদ্য প্রস্তুতি ও রবার শিল্পে অ্যাসেটিক অ্যাসিড ব্যবহার করা হয়। অ্যাসিটেট লবণগুলির প্রচুর ব্যবহার আছে। ঔষধ, রঞ্জন দ্রব্য, বীজবারক, কৃত্রিম সিল্ক, প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে নানারকম অ্যাসিটেট ব্যবহৃত হয়।

পরীক্ষা : (১) প্রশম ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ প্রশম অ্যাসিটেট দ্রবণের সহিত মিশাইলে উহা লাল হইয়া যায়। (২) ইথাইল কোহল এবং গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত উত্তপ্ত করিলে

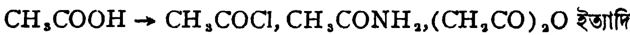
অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে মিষ্টগন্ধ এস্টার ইথাইল অ্যাসিটেট পাওয়া যায়। (৩) অ্যাসেটিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াযুক্ত $AgNO_3$ দ্রবণকে বিজারিত করে না। (ফরমিক অ্যাসিড উহা করিতে পারে।) (৪) শুষ্ক সোডিয়াম অ্যাসিটেট স্বল্প পরিমাণ আর্সেনিয়াস অক্সাইড সহ উত্তপ্ত করিলে দুর্গন্ধযুক্ত ক্যাকোডিল অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায়। এই গ্যাসের ভয়ানক বিষক্রিয়া আছে। (ফরমিক অ্যাসিডের এই বিক্রিয়া হয় না)।



$$AS_2O_3+4CH_3COONa=AS_2O(CH_3)_4+2K_2CO_3+2CO_2$$

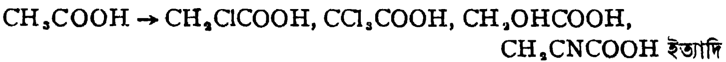
২৫-৩৪। জৈব-অ্যাসিড-জাত পদার্থসমূহ ঃ বিভিন্ন বিকারকের ক্রিয়ার ফলে জৈব-অ্যাসিড হইতে নানারকম পদার্থ পাওয়া যায়। এই সকল পদার্থকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যাইতে পারে।

(১) কতকগুলি পদার্থ অ্যাসিডের COOH মূলকের অংশ হইতে উদ্ভূত এবং উহার H অথবা OH-এর প্রতিস্থাপনে পাওয়া যায়। যেমন,



$$CH_3COOH \rightarrow CH_3COCl, CH_3CONH_2, (CH_3CO)_2O \text{ ইত্যাদি}$$

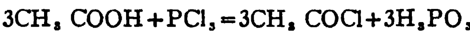
(২) আবার কতকগুলি পদার্থ অ্যাসিডের অ্যালকিল মূলকের H প্রতিস্থাপন দ্বারা পাওয়া যায়। যেমন :—



$$CH_3COOH \rightarrow CH_2ClCOOH, CCl_3COOH, CH_2OHCOOH, CH_2CNCOOH \text{ ইত্যাদি}$$

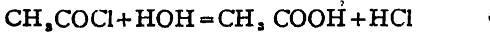
অ্যাসেটিক অ্যাসিড জাত পদার্থের কয়েকটি বিক্রিয়া নিম্নে দেওয়া হইল।

২৫-৩৫। অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, CH_3COCl ঃ অ্যাসিডের $-COOH$ মূলকের OHকে ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে অ্যাসিড-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। অ্যাসেটিক অ্যাসিড হইতে এইভাবে অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড পাওয়া যাইবে।



$$3CH_3COOH+PCl_3=3CH_3COCl+3H_3PO_3$$

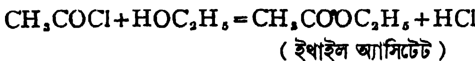
জলের সংস্পর্শে আসিলেই উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়।



$$CH_3COCl+HOH=CH_3COOH+HCl$$

ইহার অন্যান্য রাসায়নিক বিক্রিয়া নিম্নরূপ :—

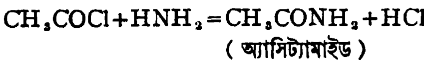
(১) কোহলের সহিত :—



$$CH_3COCl+HOC_2H_5=CH_3COOC_2H_5+HCl$$

(ইথাইল অ্যাসিটেট)

(২) অ্যামোনিয়ার সহিত :—



$$CH_3COCl+HNH_2=CH_3CONH_2+HCl$$

(অ্যাসিট্যামাইড)

(৩) অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড এবং সোডিয়াম অ্যাসিটেটের অনার্দ্র মিশ্রণ পাতিত করিলে অ্যাসেটিক অ্যানহাইড্রাইড পাওয়া যায়।



$$\begin{matrix} CH_3COCl \\ + \\ CH_3COONa \end{matrix} = \begin{matrix} CH_3CO \\ CH_3CO \end{matrix}\!\!>O+NaCl$$

সব অ্যাসিড অ্যানহাইড্রাইডই এইভাবে প্রস্তুত করা যায় :—



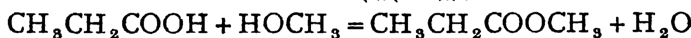
$$RCOCl+RCOONa = RCO-O-OCR+NaCl$$

২৮-৩৬। এস্টার, $RCOOR_1$: অ্যাসিড এবং কোহলের বিক্রিয়ার ফলে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে এস্টার বলা হয়। অ্যাসিডের $-COOH$ মূলকের হাইড্রোজেনটি অ্যালকিল দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলেই এস্টার পাওয়া যাইবে।



$$CH_3COOH + HOC_2H_5 = CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

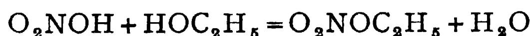
ইথাইল অ্যাসিটেট



$$CH_3CH_2COOH + HOCH_3 = CH_3CH_2COOCH_3 + H_2O$$

মিথাইল প্রপিয়নেট

অজৈব অ্যাসিডের সহিতও কোহল বিক্রিয়া করে এবং এস্টার পাওয়া যায়।



$$O_2NOH + HOC_2H_5 = O_2NOC_2H_5 + H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড ইথাইল নাইট্রেট

এই সকল বিক্রিয়াতে সর্বদাই জল উপজাত হয়। সুতরাং এই সকল বিক্রিয়ার সময় নিরুদক ব্যবহার করা প্রয়োজন। গাঢ় H_2SO_4, অনার্দ্র $ZnCl_2$, HCl গ্যাস প্রভৃতি প্রভাবক হিসাবে ব্যবহার করিয়া এস্টার তৈয়ারী করা হয়। জৈব-এস্টার যৌগে $-C\langle^{O-}_{O}$ এই মূলকটি দুইটি অ্যালকিল মূলকের সহিত যুক্ত থাকিবে। যে কোহল এবং অ্যাসিড হইতে এস্টার উৎপন্ন হয় তাহাদের নামানুযায়ী এস্টারের নামকরণ হয়। কোহলের নাম প্রথমে এবং অ্যাসিডের নামের পরে থাকে—ইথাইল অ্যাসিটেট।

এস্টারের প্রতীক হিসাবে ইথাইল অ্যাসিটেটের বিষয় আলোচনা করা যাইতে পারে।

২৮-৩৭। ইথাইল অ্যাসিটেট, $CH_3COOC_2H_5$: ইথাইল অ্যালকোহল এবং গ্লাসিয়াল অ্যাসেটিক অ্যাসিডের সমপরিমাণ মিশ্রণ গাঢ় H_2SO_4 সহ একটি পাতন-কূপীতে উত্তপ্ত করিয়া ইথাইল অ্যাসিটেট তৈয়ারী হয়। পাতনের সাহায্যে উহাকে পৃথক করিয়া পরে শোধিত করা হয়।





$$CH_3COOH + HOC_2H_5 \xrightarrow{H_2SO_4} CH_3COOC_2H_5 + H_2O$$

অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড এবং কোহল হইতেও এস্টার পাওয়া সম্ভব।

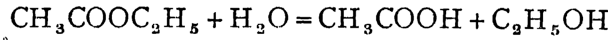


$$CH_3COCl + HOC_2H_5 = CH_3COOC_2H_5 + HCl$$

ধর্ম ঃ ইথাইল অ্যাসিটেট একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ (স্ফুটনাঙ্ক, ৭৭·৫°C)। উহার একটি মিষ্ট গন্ধ আছে। অধিকাংশ এস্টারই সুগন্ধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কোন কোন এস্টার ঔষধরূপেও প্রয়োগ করা হয়।

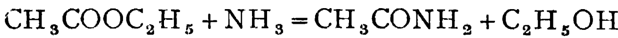
ইথাইল বিউটিরেট এস্টারের আনারসের মত গন্ধ আছে, আইসো এমাইল আইসো ভেলেরেট এস্টারে আপেলের গন্ধ। এসেন্স হিসাবে ইহারা ব্যবহৃত হয়। অনেক এস্টার যেমন, সেলুলোজ অ্যাসিটেট্, পলিভিনাইল অ্যাসিটেট্ প্রভৃতি প্লাস্টিক প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়।

জলের সহিত ফুটাইলে (বিশেষতঃ ক্ষার অথবা লঘু অ্যাসিডের প্রভাবে) এস্টার আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া যায়।



$$CH_3COOC_2H_5 + H_2O = CH_3COOH + C_2H_5OH$$

ইহা অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত অ্যাসিট্যামাইড এবং PCl_5 এর সহিত অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড দেয় ঃ—



$$CH_3COOC_2H_5 + NH_3 = CH_3CONH_2 + C_2H_5OH$$



$$CH_3COOC_2H_5 + PCl_5 = CH_3COCl + C_2H_5Cl + POCl_3$$

নারিকেল তেল, মাছের তেল, মাংসের চর্বি, প্রভৃতি এই জাতীয়। উদ্ভিদ বা জন্তু হইতে এই সমস্ত পাওয়া যায়। এগুলি সবই গ্লিসারাইড যৌগ অর্থাৎ গ্লিসারিন এবং গুরুভার জৈব অ্যাসিড সংযোগে উৎপন্ন। অতএব এগুলিও এস্টার। যে সকল গ্লিসারাইড সাধারণ উষ্ণতায় কঠিনাকার তাহাদের চর্বি বলা হয়, তরল হইলে তেল বলা হয়।

২৫-৩৮। অ্যাসিডের অ্যালকিল-অংশের হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করিয়া নানা রকম পদার্থ পাওয়া যাইতে পারে ; যেমন ঃ—

(১) ক্লোরো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড, $CH_2ClCOOH$

(২) অ্যামিনো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড, CH_2NH_2COOH

(৩) সায়ানো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড, $CH_2CNCOOH$

(৪) হাইড্রক্সি-অ্যাসেটিক অ্যাসিড, $CH_2OHCOOH$

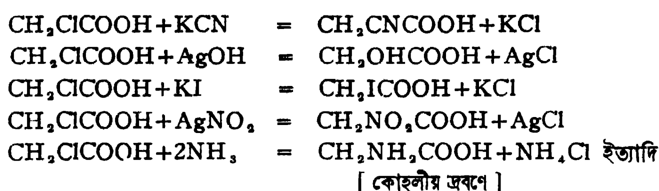
ক্লোরো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড, $CH_2ClCOOH$ ঃ ফুটন্ত অ্যাসেটিক অ্যাসিডে Cl_2 গ্যাস পরিচালিত করিলে ক্লোরো-অ্যাসেটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।



$$CH_3COOH + Cl_2 = CH_2ClCOOH + HCl$$

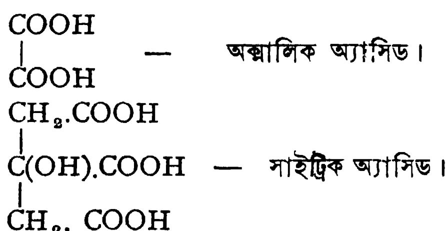
[ব্রোমো-অ্যাসেটিক অ্যাসিডও ব্রোমিন সাহায্যে অনুরূপ উপায়ে প্রস্তুত করা যায়।]

ইহার Cl পরমাণুটি বিভিন্ন বিকারক সাহায্যে প্রতিস্থাপন সম্ভব। ইহার ফলে নানা রকম যৌগ উৎপাদন সম্ভব।



$$CH_2ClCOOH + KCN = CH_2CNCOOH + KCl$$
$$CH_2ClCOOH + AgOH = CH_2OHCOOH + AgCl$$
$$CH_2ClCOOH + KI = CH_2ICOOH + KCl$$
$$CH_2ClCOOH + AgNO_3 = CH_2NO_2COOH + AgCl$$
$$CH_2ClCOOH + 2NH_3 = CH_2NH_2COOH + NH_4Cl$$ ইত্যাদি
[কোহলীয় দ্রবণে]

পূর্বেই বলা হইয়াছে, অণুর ভিতর একাধিক কার্বক্সিল মূলক থাকিতে পারে, অর্থাৎ ডাই-, ট্রাই-, কার্বক্সিলিক অ্যাসিড আছে। যথা—



COOH
|
COOH — অক্সালিক অ্যাসিড।

$CH_2.COOH$
|
C(OH).COOH — সাইট্রিক অ্যাসিড।
|
$CH_2.COOH$

উদাহরণ হিসাবে এই দুইটি অ্যাসিডের বিষয় এখানে আলোচনা করা হইল।

২৮-৩৯। অক্সালিক অ্যাসিড, COOH – COOH ঃ অনেক উদ্ভিদের কোষে অক্সালিক অ্যাসিডের লবণ, বিশেষতঃ পটাসিয়াম হাইড্রোজেন অক্সালেট অথবা ক্যালসিয়াম অক্সালেট পাওয়া যায়।

ল্যাবরেটরীতে সচরাচর শর্করা এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড একত্র উত্তপ্ত করিয়া অক্সালিক প্রস্তুত করা হয়। শর্করা (canesugar) নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হইয়া যায়।

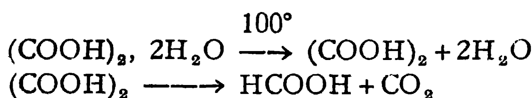


$$C_{12}H_{22}O_{11} + 9O_2 = 6COOH - COOH + 5H_2O$$

দ্রবণটি ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলেই অক্সালিক অ্যাসিডের স্ফটিক অধঃক্ষিপ্ত হয়।

অক্সালিক অ্যাসিড সোদক স্ফটিক। উহাতে ২টি জলের অণু আছে, $(COOH)_2, 2H_2O$। ১০০° সেন্টি. উত্তাপে এই জল বাষ্পীভূত হইয়া যায়

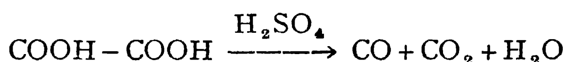
এবং আরও তাপিত করিলে, অক্সালিক অ্যাসিড ভাঙিয়া ফর্মিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$(COOH)_2,\ 2H_2O \xrightarrow{100^\circ} (COOH)_2 + 2H_2O$$
$$(COOH)_2 \longrightarrow HCOOH + CO_2$$

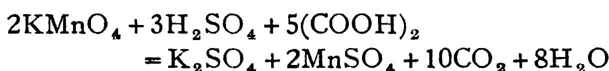
ইহা দ্বিক্ষারী অম্ল এবং শরীরের উপর ইহার বিষক্রিয়া আছে।

গাঢ় H_2SO_4 সহ গরম করিলে অক্সালিক অ্যাসিড নিরুদিত হইয়া ভাঙিয়া যায় .



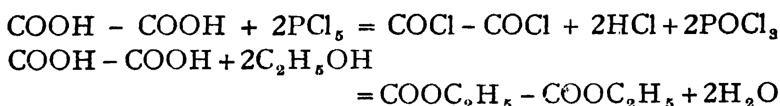
$$COOH-COOH \xrightarrow{H_2SO_4} CO + CO_2 + H_2O$$

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের আম্লিক দ্রবণ অক্সালিক অ্যাসিডে বিজারিত হইয়া বর্ণহীন হইয়া পড়ে।



$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5(COOH)_2$$
$$= K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O$$

অক্সালিক অ্যাসিডের OHগুলি PCl_5 এর সাহায্যে ক্লোরিন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায়। এবং কোহলের সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে অক্সালিক অ্যাসিডের এস্টার পাওয়া সম্ভব।



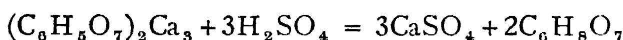
$$COOH - COOH + 2PCl_5 = COCl - COCl + 2HCl + 2POCl_3$$
$$COOH - COOH + 2C_2H_5OH$$
$$= COOC_2H_5 - COOC_2H_5 + 2H_2O$$

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ হইতে অক্সালিক অ্যাসিড শ্বেত অধঃক্ষেপ দেয় এবং উহা অ্যাসেটিক অ্যাসিডে অদ্রবণীয়। এই শ্বেত অধঃক্ষেপ এবং পটাস পারম্যাঙ্গানেটের বিরঞ্জন—এই দুইটি পরীক্ষার সাহায্যে অক্সালিক অ্যাসিডের অস্তিত্ব নির্ধারিত হয়।

রঞ্জনশিল্পে, কালি প্রস্তুতিতে, বিরঞ্জক হিসাবে এবং ছাপার কাজে অক্সালিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

২৮-৪০। সাইট্রিক অ্যাসিড, $CH_2COOH-C(OH)COOH-CH_2COOH$: তিনটি কার্বক্সিল মূলক থাকার জন্য ইহা ট্রাই কার্বক্সিলিক অ্যাসিড ত' বটেই, উপরন্তু OH মূলকও বর্তমান। সুতরাং ইহা একটি হাইড্রক্সি-জৈব-অ্যাসিড।

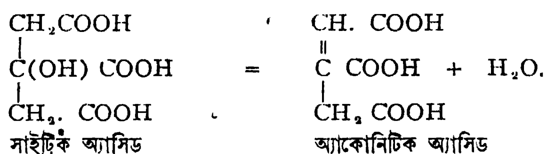
লেবু জাতীয় ফলের রসে প্রচুর সাইট্রিক অ্যাসিড থাকে এবং লেবুর রস হইতেই উহা প্রস্তুত হয়। চুনের সহিত লেবুর রস ফুটাইলে, উহা হইতে ক্যালসিয়াম সাইট্রেট লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়। অধঃক্ষেপটি ছাঁকিয়া লইয়া উহাতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে সাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম সাইট্রেট ছাঁকিয়া সরাইয়া লইলে, দ্রবণ হইতে সাইট্রিক অ্যাসিড স্ফটিক কেলাসিত করা যায়।



$$(C_6H_5O_7)_2Ca_3 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2C_6H_8O_7$$

সাইট্রিক অ্যাসিডের স্বচ্ছ সোদক স্ফটিকে একটি জলের অণু থাকে এবং ১০০° সেন্টি. উহারা গলিয়া যায়। $C_6H_8O_7, H_2O$।

জল ও কোহলে সাইট্রিক অ্যাসিড দ্রবণীয়। সাইট্রিক অ্যাসিডের দ্রবণে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড দিলে ঠাণ্ডাতে কোন অধঃক্ষেপ দেখা যায় না কিন্তু গরম করিলে সাদা ক্যালসিয়াম সাইট্রেট অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই পরীক্ষা দ্বারা সাইট্রিক অ্যাসিডের অস্তিত্ব নির্ধারণ করা সম্ভব। সাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ গুণ নাই। সাইট্রিক অ্যাসিড স্ফটিক ১৭৫° সেন্টি. পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে নিরুদিত হইয়া অ্যাকোনিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।



$$\begin{array}{lcl} CH_2COOH & & CH.\ COOH \\ | & & \| \\ C(OH)\ COOH & = & C\ COOH + H_2O. \\ | & & | \\ CH_2.\ COOH & & CH_2\ COOH \end{array}$$

সাইট্রিক অ্যাসিড   অ্যাকোনিটিক অ্যাসিড

রঞ্জনশিল্পে রাগবন্ধক হিসাবে এবং কোন কোন পানীয়ে সাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হয়।

বৃত্তাকার জৈবপদার্থ

বহুকাল হইতেই নানারকম সুগন্ধযুক্ত উদ্ভিজ্জ পদার্থ মানুষ ব্যবহার করিয়া আসিতেছে। পরীক্ষায় ইহাদের অধিকাংশই দেখা যায় বৃত্তাকার কার্বন-যৌগ। সমস্ত বৃত্তাকার কার্বন-যৌগই বেনজিন (C_6H_6) হাইড্রোকার্বন হইতে উদ্ভূত মনে করা হয়। তাই, এখন সমস্ত বেনজিন-উদ্ভূত অথবা বৃত্তাকার যৌগকেই "গন্ধবহ (aromatic) যৌগ" বলা হয়—তাহাদের গন্ধ থাকুক আর নাই থাকুক।

রাসায়নিক ধর্মের সবিশেষ পার্থক্য থাকার জন্য বৃত্তাকার কার্বন-যৌগ সারবন্দী কার্বন-যৌগ হইতে পৃথক আলোচনা করা হয়। যদিও এক শ্রেণীর যৌগ হইতে অপর শ্রেণীর যৌগ উৎপাদন সম্ভব। অ্যাসিটিলীন হইতে বেনজিন পাওয়া যায়, আবার বেনজিন হইতে ম্যালেইক অ্যাসিড পাওয়া সম্ভব।

জৈব যৌগের প্রায় তিন-চতুর্থাংশই বৃত্তাকার যৌগ। আলকাতরা হইতেই তিনশতাধিক প্রধান বৃত্তাকার যৌগ পাওয়া যায় এবং এইগুলি হইতে বহু সহস্র যৌগ প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে। ল্যাবরেটরীতেও সংখ্যাতীত যৌগ প্রস্তুত হইয়াছে। অসংখ্য রঞ্জকদ্রব্য, বহু প্লাস্টিক, নানারকমের গন্ধদ্রব্য ও ঔষধ বৃত্তাকার যৌগ। জার্মান রসায়নবিদ বায়ারের কৃত্রিম নীল উৎপাদন ভারতবর্ষকে কুখ্যাত নীলের অত্যাচার হইতে রক্ষা করিয়াছে। এই নীলও বৃত্তাকার যৌগ।

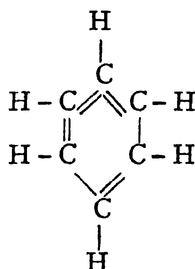
২৫-৪১। আলকাতরার পাতন : পূর্বেই বলা হইয়াছে, কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের ফলে নানারকম মূল্যবান পদার্থ পাওয়া যায়। ইহাদের মধ্যে আলকাতরা অন্যতম। একদা বহু উপেক্ষিত আলকাতরা হইতে বর্তমানে নানারকম ঔষধ, রঞ্জক, সুগন্ধি, বিস্ফোরক, বীজবারক ইত্যাদি প্রস্তুত হইতেছে।

আলকাতরাতে সূক্ষ্ম কার্বনের কণা ছাড়াও নানারকম অম্ল, ক্ষারক ও প্রশম জটিল পদার্থ মিশ্রিত থাকে। লোহার বড় ট্যাঙ্কে আলকাতরাকে উত্তপ্ত করিয়া উহার নানাবিধ উপাদান উদ্বায়িত করা হয়। বিভিন্ন উষ্ণতায় উদ্বায়ী বাষ্পগুলি পৃথক সংগ্রহ করিয়া মোটামুটি চাররকম তৈল সংগ্রহ করা হয়। এই ভাবে প্রায় ৪০০°C উষ্ণতা পর্যন্ত উহাকে উত্তপ্ত করিলে প্রায় ৪০% ভাগ পাতিত হইয়া যায় এবং যে কালো পদার্থ ট্যাঙ্কে পড়িয়া থাকে উহা পিচ (Pitch)। বিভিন্ন উষ্ণতায় সংগৃহীত পদার্থগুলি :—

		উষ্ণতা °C	আনুমানিক শতকরা ভাগ	প্রধান উপাদান
(i)	লাইট অয়েল	— ১৭০°C	— ৮% —	বেনজিন
(ii)	কার্বলিক অয়েল	— ২৩০°C	— ১০% —	ফিনোল, ন্যাপথালিন
(iii)	ক্রিয়োজোট অয়েল	— ২৭০°C	— ১০% —	ক্রেসোল
(iv)	অ্যানথ্রাসিন অয়েল	— ৩৬০°C	— ২০% —	অ্যানথ্রাসিন

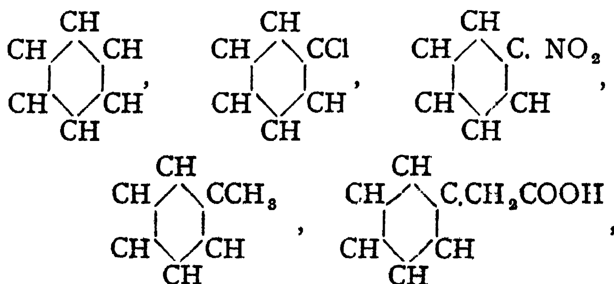
ইহাদের প্রত্যেক অংশকে লইয়া পুনঃ পুনঃ আংশিক পাতন দ্বারা শোধিত করিয়া বিভিন্ন পদার্থ পৃথক করা হয়; লাইট অয়েল লইয়া উহাকে আবার পাতিত করা হয়। প্রথম ৭০°C পর্যন্ত বাষ্পগুলিকে আলাদা সংগ্রহ করা হয়। ৭০°Cএর অধিক উষ্ণতায় পাতিত পদার্থে প্রায় ৭০% বেনজিন থাকে। H_2SO_4 এবং NaOH দ্রবণ দ্বারা শোধিত এবং পরিষ্কৃত করিয়া আবার আংশিক পাতন করিলে বেনজিন পাওয়া যায়। এই বেনজিন বৃত্তাকার যৌগসমূহের আদি-পদার্থ।

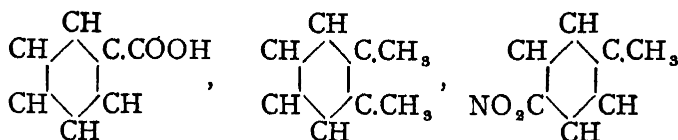
২৫-৪২। বেনজিন, C_6H_6 : বেনজিন বৃত্তাকার হাইড্রোকার্বন যৌগ। উহার অণুতে ছয়টি কার্বন পরমাণু পরস্পরের সহিত যুক্ত হওয়ার ফলে একটি ষড়ভুজ সৃষ্টি হইয়াছে। প্রত্যেকটি কার্বনের সঙ্গে একটি হাইড্রোজেন পরমাণুও যুক্ত আছে। কার্বন পরমাণুদের ভিতরে তিনটি দ্বিবন্ধ এবং তিনটি সাধারণ যোজক বর্তমান।



অতএব প্রত্যেকটি কার্বন পরমাণুর যোজ্যতাই চার প্রতিপন্ন হইবে। বেনজিনের এই সংযুতি-সঙ্কেত কেকুলে (Kekule) প্রথম প্রস্তাব করেন। বিভিন্ন পরীক্ষার ফলে এই সঙ্কেতই এখন সর্বজনগ্রাহ্য বলিয়া স্বীকৃত হইয়াছে। অনেক সময় কেবল একটি ষড়ভুজ মাত্র অঙ্কন করিয়া বেনজিনকে প্রকাশ করা হয়।

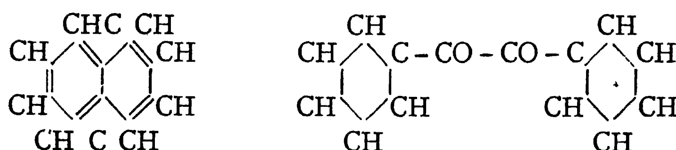
বেনজিনের ভিতর দ্বিবন্ধ থাকিলেও উহা খুব স্থায়ী যৌগ, এই ষড়ভুজ বৃত্তকে ভাঙিয়া ফেলা অপেক্ষাকৃত কঠিন ব্যাপার। সংলগ্ন হাইড্রোজেন পরমাণুগুলিকে বিভিন্ন মূলক দ্বারা অবস্থাবিশেষে প্রতিস্থাপন করিয়া নানারকম যৌগিকপদার্থ প্রস্তুত করা সম্ভব। যেমন :—





ইত্যাদি।

আবার অনেক যৌগিকপদার্থের একটি অণুতে একাধিক বেনজিন বৃত্তের সমাবেশ হইতে পারে। যেমন :—



ন্যাপথালিন $C_{10}H_8$ বেঞ্জিল $C_{14}H_{10}O_2$.

ইহাতে সহজেই বুঝা যায়, বিভিন্ন বিক্রিয়াতে বেনজিনের বৃত্তটি অপরিবর্তিত অবস্থায় বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে। সংলগ্ন হাইড্রোজেনের পরিবর্তন হইতে পারে কিন্তু কার্বন-বৃত্ত অটুট থাকে।

প্রস্তুতি : আলকাতরার পাতন হইতেই সমস্ত বেনজিন প্রস্তুত হয়। বিভিন্ন উপায়ে ল্যাবরেটরীতেও বেনজিন তৈয়ারী করা যায় বটে, তবে তাত্ত্বিক কৌতূহল ছাড়া উহাদের আর কোন গুরুত্ব নাই।

(ক) উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলীন পরিচালিত করিলে, বেনজিন পাওয়া যায় :— $3C_2H_2 = C_6H_6$

(খ) সোডিয়াম বেনজয়েট এবং সোডালাইম পাতিত করিলেও বেনজিন পাওয়া সম্ভব :— $C_6H_5COONa + NaOH = C_6H_6 + Na_2CO_3$

ধর্ম : জলের চেয়ে হাল্‌কা, কিন্তু জলের মতই বর্ণহীন তরল পদার্থ বেনজিন (স্ফুটনাঙ্ক, ৮০°C)। জলের সঙ্গে বেনজিন মিশেও না। ইহার একটি বিশিষ্ট গন্ধ আছে। কোহল এবং ইথারের সঙ্গে বেনজিন মিশিয়া থাকে।

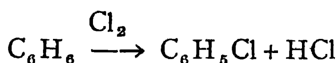
বেনজিনের হ্যালোজেন এবং অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়াগুলিই বিশেষ উল্লেখ-যোগ্য।

(১) সূর্যালোকে ক্লোরিন বা ব্রোমিনের সহিত বিক্রিয়াতে বেনজিন হইতে যুত-যৌগিক উৎপন্ন হয়।

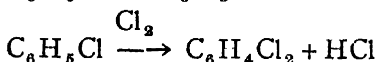


$C_6H_6 + 3Cl_2 = C_6H_6Cl_6$ [বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড]

(২) লৌহ অথবা আয়োডিন প্রভাবক থাকিলে, ক্লোরিন ও ব্রোমিন আস্তে আস্তে বেনজিনের হাইড্রোজেনগুলি প্রতিস্থাপিত করে—

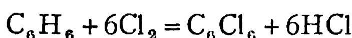


$$C_6H_6 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5Cl + HCl$$



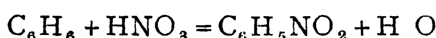
$$C_6H_5Cl \xrightarrow{Cl_2} C_6H_4Cl_2 + HCl$$

এইভাবে সমস্ত হাইড্রোজেনগুলিই প্রতিস্থাপিত হইতে পারে।

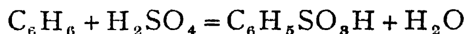


$$C_6H_6 + 6Cl_2 = C_6Cl_6 + 6HCl$$

(৩) গাঢ় H_2SO_4 এর সান্নিধ্যে, বেনজিন গাঢ় HNO_3 দ্বারা আক্রান্ত হইয়া নাইট্রোবেনজিনে পরিণত হয়।



$$C_6H_6 + HNO_3 = C_6H_5NO_2 + H\ O$$

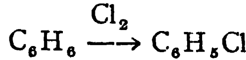
(৪) সালফিউরিক অ্যাসিড সহ বেনজিন উত্তপ্ত করিলে বেনজিন-সালফনিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।  $C_6H_6 + H_2SO_4 = C_6H_5SO_3H + H_2O$

(৫) শ্বেততপ্ত নলের ভিতর দিয়া বেনজিন বাষ্প পরিচালিত করিলে ডাই-ফিনাইল পাওয়া যায় ঃ—  $2C_6H_6 = C_6H_5 - C_6H_5 + H_2$

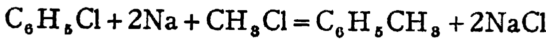
ব্যবহার ঃ তেল ও চর্বির দ্রাবক হিসাবে বেনজিন সর্বদা ব্যবহৃত হয়। পশম ও রেশমের বস্ত্রাদি পরিষ্করণের জন্য বেনজিন ব্যবহার করা হয়। পেট্রোলের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় জ্বালানি হিসাবে ইহাকে প্রয়োগ করা হয়। কার্বলিক অ্যাসিড, নাইট্রোবেনজিন প্রভৃতি প্রস্তুতিতে বেনজিন প্রয়োজন।

বেনজিনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিয়া নানারকম যৌগ প্রস্তুত হয়। সাধারণতঃ ক্লোরো-বেনজিন (C_6H_5Cl) অথবা নাইট্রোবেনজিনের ($C_6H_5NO_2$) মাধ্যমেই ঐ সকল পদার্থ পাওয়া যায়। নানা রকমের রঙ, বীজবারক, ঔষধ প্রভৃতি বেনজিন-উদ্ভূত যৌগ। যেমন, প্যারাহাইড্রক্সি অ্যাজোবেনজিন $C_6H_5-N=N-C_6H_4-OH$ একটি রঙ; অ্যান্টিফেব্রিন, $C_6H_5-NHCOCH_3$ জ্বরবিনাশক ঔষধ, কার্বলিক অ্যাসিড, C_6H_5-OH, বীজবারক। সাধারণের প্রয়োজনীয় বেনজিন-উদ্ভূত কয়েকটি সরল এবং সহজ যৌগ কি ভাবে বেনজিন হইতে পাওয়া সম্ভব তাহা নিম্নে দেখানো হইল।

(১) টলুইন, $C_6H_5CH_3$।



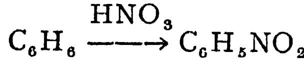
$$C_6H_6 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5Cl$$



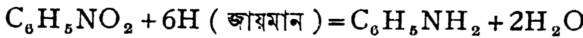
$$C_6H_5Cl + 2Na + CH_3Cl = C_6H_5CH_3 + 2NaCl$$

T.N.T নামক বিস্ফোরক প্রস্তুতিতে ইহা প্রয়োজন।

(২) অ্যানিলীন, $C_6H_5NH_2$।



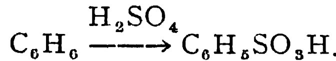
$$C_6H_6 \xrightarrow{HNO_3} C_6H_5NO_2$$



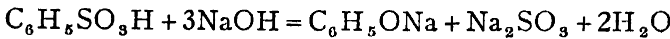
$$C_6H_5NO_2 + 6H \text{ (জায়মান)} = C_6H_5NH_2 + 2H_2O$$

বিভিন্ন জৈবযৌগ বিশেষতঃ ঔষধ এবং রঞ্জনদ্রব্য প্রস্তুতিতে অ্যানিলীন প্রয়োজন।

(৩) ফিনোল, C_6H_5OH।



$$C_6H_6 \xrightarrow{H_2SO_4} C_6H_5SO_3H.$$



$$C_6H_5SO_3H + 3NaOH = C_6H_5ONa + Na_2SO_3 + 2H_2O$$



$$2C_6H_5ONa + H_2SO_3 = 2C_6H_5OH + Na_2SO_3.$$

ফিনোলের সর্বাধিক প্রয়োজন প্লাস্টিকশিল্পে। বীজবারক হিসাবে এবং রং প্রস্তুতিতেও ইহার যথেষ্ট ব্যবহার আছে।

ষড়্‌বিংশ অধ্যায়

ধাতুসমূহ

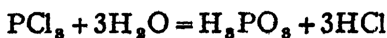
মৌলসমূহ ধাতু ও অ-ধাতু—এই দুই শ্রেণীর। এ পর্যন্ত যে সকল মৌলিক পদার্থের আলোচনা করা হইয়াছে, উহারা সকলেই অ-ধাতু। ধাতু ও অ-ধাতু এই দুই শ্রেণীর মৌলের ধর্মের খানিকটা বিভিন্নতা আছে। মোটামুটি বলা যাইতে পারে, ধাতুগুলি সাধারণতঃ তাপ ও বিদ্যুৎপরিবাহী, দ্যুতিসম্পন্ন ও আলোকপ্রতিফলনক্ষম; পারদ ব্যতীত অন্যান্য সব ধাতুই সাধারণ উষ্ণতায় কঠিন অবস্থায় থাকে। ধাতুর ঘাতসহতা এবং প্রসার্যতাও অধিক হইয়া থাকে। অ-ধাতুসমূহের ভিতর এসকল লক্ষণ সচরাচর দেখা যায় না।

অবশ্য কোন কোন ক্ষেত্রে যে ঐ সকল ধর্মের ব্যতিক্রম হয় না, তাহা নহে।

যেমন, গ্র্যাফাইট অ-ধাতু কিন্তু বিদ্যুৎ-পরিবাহী ; হীরক অ-ধাতু কিন্তু আলোক-প্রতিফলনক্ষম ; আয়োডিন অ-ধাতু হইলেও দ্যুতিসম্পন্ন ; সোডিয়াম ধাতু হইলেও অত্যন্ত হাল্‌কা, উহার ঘনত্ব জলের চেয়েও কম ; এবং অনেক অ-ধাতুও সাধারণ উষ্ণতায় কঠিনাকারে থাকে। অতএব উক্ত ধর্মগুলির দ্বারা কোন মৌলের সঠিক শ্রেণী-নির্ণয় সর্বদা সম্ভব নাও হইতে পারে।

আমরা পূর্বেই দেখিয়াছি, অনেক যৌগিক পদার্থ জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ পরিবহন করিতে পারে। দ্রবীভূত অবস্থায় এই সকল যৌগিক পদার্থ বিযোজিত হইয়া আয়নে রূপান্তরিত হয়। বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি এইরূপে পরা ও অপরা বিদ্যুৎসম্পন্ন আয়নে পরিণত হয়। সর্বদাই দেখা গিয়াছে ধাতব আয়নগুলি পরাবিদ্যুৎযুক্ত এবং অ-ধাতব পরমাণুগুলি আয়নিত অবস্থায় অপরাবিদ্যুৎযুক্ত হইয়া থাকে। বস্তুতঃ ইহার উপর নির্ভর করিয়াই ধাতু ও অ-ধাতুর শ্রেণীবিভাগ হইয়াছে। যে সকল মৌলের পরমাণু হইতে পরাবিদ্যুৎযুক্ত আয়নের উৎপত্তি হয় উহারা ধাতু, পক্ষান্তরে যে সব মৌলের পরমাণু অপরাবিদ্যুৎযুক্ত আয়নের উৎপত্তি করে উহারা অ-ধাতু। হাইড্রোজেনের কথা অবশ্য স্বতন্ত্র। অন্যান্য ধর্মবিচারে হাইড্রোজেন অ-ধাতু হইলেও উহার আয়ন পরাবিদ্যুৎসম্পন্ন। এইজন্য হাইড্রোজেন ও ধাতব মৌলসমূহকে পরাবিদ্যুৎবাহী মৌল, এবং হাইড্রোজেন ব্যতীত অন্যান্য অ-ধাতব মৌলকে অপরাবিদ্যুৎবাহী মৌল হিসাবে গণ্য করা হয়।

রাসায়নিক ধর্মের দিক দিয়া বিচার করিলেও ধাতু ও অ-ধাতুর ভিতর খানিকটা পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। যেমন ধাতব অক্সাইডসমূহ ক্ষারজাতীয়, কিন্তু অ-ধাতব অক্সাইডগুলি সাধারণতঃ অম্লজাতীয়। অধিকাংশ ধাতুই খনিজ অ্যাসিড দ্বারা আক্রান্ত হইয়া থাকে, কিন্তু অ-ধাতব মৌলসমূহের সহিত অ্যাসিডের সক্রিয়তা যথেষ্ট কম। ধাতুগুলি হাইড্রোজেনের সহিত খুব কমই সংযুক্ত হয়, এবং হইলেও ঐ সকল হাইড্রাইড অস্থায়ী ধরণের হইয়া থাকে। সাধারণতঃ অ-ধাতব হাইড্রাইডগুলি বিশিষ্ট স্থায়ী যৌগিক পদার্থ হইয়া থাকে। অ-ধাতব ক্লোরাইডগুলি অনেক ক্ষেত্রে জলের দ্বারা আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া যায়, কিন্তু ধাতব ক্লোরাইডের অত সহজে আর্দ্রবিশ্লেষণ হয় না :



$$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$$



$$NaCl + H_2O = \quad \times$$

প্রকৃতিতে ধাতুর অবস্থান—কোন কোন ধাতু প্রকৃতিতে মৌলাবস্থাতেই পাওয়া যায়; যেমন সোনা, প্লাটিনাম ইত্যাদি। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই উহারা বিভিন্ন যৌগিক পদার্থরূপে থাকে। এই সকল যৌগিক পদার্থ নানা রকমের হইতে পারে। ইহাদের কয়েকটি উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

(১) অক্সাইড—অ্যালুমিনিয়াম [বক্সাইট, Al_2O_3 $2H_2O$]
আয়রন [হেমাটাইট, Fe_2O_3]
(২) কার্বনেট—ক্যালসিয়াম [চুনাপাথর, $CaCO_3$]
ম্যাগনেসিয়াম [ম্যাগনেসাইট, $MgCO_3$]
(৩) সালফাইড—মারকারি (পারদ) [সিনাবার, HgS]
লেড (সীসক) [গেলেনা, PbS]
(৪) সালফেট—ক্যালসিয়াম [জিপসাম, $CaSO_4$, $2H_2O$]
(৫) নাইট্রেট—সোডিয়াম [$NaNO_3$]
(৬) হ্যালাইড—ক্যালসিয়াম [ফ্লুয়োস্পার, CaF_2]
(৭) সিলিকেট—ম্যাগনেসিয়াম [মাইকা, অভ্র, $KHMg_2Al_2(SiO_4)_3$]
(৮) ফসফেট—ক্যালসিয়াম [ফসফরাইট, $Ca_3(PO_4)_2$]

এই সকল স্বভাবজাত ধাতব যৌগপদার্থ প্রায়ই পাথর বা শিলারূপে কঠিন অবস্থায় থাকে। কখনো মাটির নীচে বা কখনো ভূপৃষ্ঠে ইহাদিগকে দেখা যায়। সচরাচর এই স্বভাবজাত অজৈব বস্তুগুলিকে আমরা খনিজ বলি। প্রকৃতিজাত পাথর বা শিলাগুলির একটি বৈশিষ্ট্য আছে। উহাদের রাসায়নিক উপাদানগুলি সুনিয়ত। যেমন, বক্সাইট পাথরে সর্বদাই সোদক অ্যালুমিমিয়াম অক্সাইড থাকে, Al_2O_3, $2H_2O$।

খনিজ পাথরের ভিতর আসল বস্তুটির সহিত অন্যান্য অপ্রয়োজনীয় পদার্থ, মাটি, বালু প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। খনিজের এই সকল মালিন্য বা অপদ্রব্যকে 'খনিজ-মল' (Gangue) বলা যাইতে পারে। খনিজ-মলের প্রকার ও পরিমাণ অবশ্য খনিজ পাথরের অবস্থান ও পারিপার্শ্বিক অবস্থার উপর নির্ভর করে। কোন কোন সময় খনিজের ভিতর আসল বস্তু অপেক্ষা খনিজ-মলই অনেক বেশী থাকে।

যে সকল খনিজ হইতে কোন ধাতু নিষ্কাশন করা হয় সেই সকল খনিজ বস্তুকে সেই ধাতুর আকরিক (Ore) বলা হয়। অনেক সময় অবশ্য আকরিক হইতে ধাতু-নিষ্কাশন বিশেষ সহজসাধ্য নয়। ব্যাপক অর্থে ধাতু বা ধাতুর

কোন যৌগ মিশ্রিত সমস্ত স্বভাবজাত বস্তুকেই ঐ ধাতুর আকরিক বলিয়া ধরা হয়। সমুদ্র-লবণ সোডিয়ামের আকরিক, হেমাটাইট লৌহ-আকরিক, বক্সাইট অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক ইত্যাদি।

ধাতু-নিষ্কাশন—স্বভাবজাত আকরিক হইতে ধাতুটি যে উপায়ে প্রস্তুত করা হয় তাহাকে ধাতু-নিষ্কাশন-প্রণালী বলে। ধাতু-নিষ্কাশন কার্যটি প্রধানতঃ দুইটি উপায়ে সম্পন্ন করা হয়।

১। কোন কোন ক্ষেত্রে আকরিকসমূহকে তাপশক্তির সাহায্যে উচ্চ উষ্ণতায় বিযোজিত বা বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করা হয়। তাপপ্রয়োগই এই সকল ক্ষেত্রে সর্বাপেক্ষা প্রয়োজনীয়। লোহা, তামা, দস্তা, সীসা প্রভৃতি এই উপায়ে উহাদের আকরিক হইতে প্রস্তুত করা হয়। উহাদের আকরিকগুলিকে প্রথমতঃ বাতাসে অত্যন্ত তাপিত করিয়া ধাতব অক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং তৎপর সেই অক্সাইডকে বিজারিত করা হয়। সাধারণতঃ বিজারণ কার্যে কোক কার্বন ব্যবহৃত হয়। যথা—



$$2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2;\quad ZnO+C=Zn+CO$$

[জিঙ্ক-ব্লেণ্ড]

২। আবার কোন কোন ক্ষেত্রে আকরিকের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা প্রয়োজন। বিদ্যুৎশক্তিই এই সমস্ত ধাতুনিষ্কাশনের প্রধান উপায়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু তড়িৎ-বিশ্লেষণের সাহায্যে উৎপাদন করা হয়। যথা, বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম প্রস্তুত করা হয়। $2NaCl=2Na+Cl_2$

এই দুইরকম পদ্ধতির প্রয়োগ সম্যক বুঝিবার জন্য আমরা উদাহরণস্বরূপ কয়েকটি ধাতুর নিষ্কাশন এখানে আলোচনা করিব। এই সকল ধাতুর বহুল ব্যবহৃত দুই একটি যৌগের উৎপাদনও উল্লেখ করা হইল।

ধাতু-নিষ্কাশনের বিশেষ প্রক্রিয়াসমূহ ঃ গাঢ়ীকরণ (Concentration)—সমস্ত আকরিকেই অল্পবিস্তর খনিজ-মল থাকে। উহা হইতে ধাতু-নিষ্কাশন করার পূর্বে যথাসম্ভব খনিজ-মল দূরীভূত করিয়া লওয়া হয়। ইহার ফলে আকরিকের ভিতর প্রয়োজনীয় যৌগিক পদার্থের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। ইহাকে আকরিকের গাঢ়ীকরণ বলা হয়। বিভিন্ন আকরিকের গাঢ়ীকরণে বিভিন্ন পন্থা অবলম্বন করা হয়। কখনো কখনো উহাকে বিচূর্ণ করিয়া ধৌত করিলেই খনিজ-মল অনেকাংশে দূরীকৃত হয়। আবার কখনো তেল ও জলের মিশ্রণে বিচূর্ণ আকরিক দিয়া উহার ভিতর বায়ু পরিচালনা করিলে খনিজ-মল পৃথক হইয়া যায়। এইরূপ নানা উপায় অবলম্বিত হয়।

ইহা ছাড়া, তাপ-প্রয়োগে যে সমস্ত ধাতু-নিষ্কাশন কার্য সম্পাদিত হয়, তাহাতে কয়েকটি বিশেষ প্রক্রিয়ার সাহায্য লইতে হয়। যথা :—

(১) ভস্মীকরণ (Calcination)—অনেক আকরিকই প্রথমে বিশেষ রূপে তাপিত করিয়া লওয়া হয়। ইহাতে আকরিকে উদ্বায়ী পদার্থ যদি কিছু থাকে তাহা দূরীভূত হইয়া যায়। ফলে খনিজটি অপেক্ষাকৃত ফাঁপা ও সচ্ছিদ্র হয় এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। এই প্রক্রিয়াটিকে ভস্মীকরণ বলা হয়। এই প্রক্রিয়ার সময় অবশ্য খনিজটিকে গলানো হয় না।

(২) তাপ-জারণ (Roasting)—অনেক সময়েই আকরিকটিকে বাতাসে অত্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া উহাকে ধাতব অক্সাইডে পরিণত করিয়া লওয়ার প্রয়োজন হয়। অবশ্য এই প্রক্রিয়াতে আকরিকটিকে গলিতে দেওয়া হয় না। এইরূপ বাতাসে তাপিত করিয়া জারিত করাকে আকরিকের তাপ-জারণ বলা হয়।

(৩) বিগলন (Smelting)—অতিরিক্ত উষ্ণতায় রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে প্রায়ই চুল্লীর ভিতর বিগলিত অবস্থায় ধাতুটি উৎপন্ন হয়। যে প্রক্রিয়ার ফলে ধাতু বিগলিত অবস্থায় পাওয়া যায় তাহাকে বিগলন-প্রণালী বলে (Smelting Process)। তড়িৎ-বিশ্লেষণেও অনেক সময় ধাতুটি বিগলিত অবস্থায় পাওয়া যায়। কিন্তু ইহাকে বিগলন বলা হয় না।

বিগলিত ধাতু হইতে অন্যান্য অপ্রয়োজনীয় দ্রব্য যাহাতে সহজে গলিয়া পৃথক হইয়া যায় সেইজন্য কতকগুলি বস্তু প্রায়ই চুল্লীতে আকরিকের সহিত মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়। এই পদার্থগুলি আকরিকের অন্তর্ভুক্ত অপদ্রব্যগুলির সহিত সংযুক্ত হয় এবং উহাকে গলাইয়া পৃথক করিয়া ফেলে। এই পদার্থগুলিকে **বিগালক (Flux)** বলে। বিগালক ও অপ্রয়োজনীয় পদার্থসমূহের সংযোগে যে সকল বস্তু উৎপন্ন হয় তাহাকে **ধাতু-মল (Slag)** বলা হয়। যেমন কোন আকরিকের ধাতু-নিষ্কাশনের সময় বালু (SiO_2) থাকিলে উহাতে বিগালক হিসাবে কিছু চুন মিশ্রিত করিয়া লওয়া হয়। কারণ SiO_2 সহজে গলে না বা পৃথক করা যায় না, কিন্তু চুন সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেট পরিণত হয়। উহা অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় গলিয়া ধাতু-মল হিসাবে পৃথক হইয়া যায়।

সপ্তবিংশ অধ্যায়

ক্ষার-ধাতু—সোডিয়াম

সর্বাধিক পরাবিদ্যুৎগুণসম্পন্ন লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, রুবিডিয়াম ও সিজিয়াম—এই পাঁচটি ধাতুকে ক্ষারধাতু বলা হয়। এই ধাতু কয়টি সোজাসুজি জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া তীক্ষ্ণক্ষার উৎপন্ন করে; সেই জন্যই এই নামকরণ হইয়াছে। প্রকৃতপক্ষে, কস্টিক সোডা, কস্টিক পটাস প্রভৃতি তীক্ষ্ণক্ষার বিযোজিত করিয়াই এই ধাতুগুলি সর্বপ্রথম আবিষ্কৃত হয়। এই পাঁচটির মধ্যে সোডিয়ামের পরিমাণই পৃথিবীতে বেশী।

সোডিয়াম

চিহ্ন, Na পারমাণবিক গুরুত্ব, ২৩ ক্রমাঙ্ক ১১।

অত্যধিক সক্রিয়তার জন্য মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে সোডিয়াম পাওয়া যায় না। উহার যে সকল যৌগ পাওয়া যায় তাহাদের প্রধান কয়েকটির নাম উল্লেখ করা যাইতে পারে:—

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইড, (খাদ্যলবণ), NaCl। সমুদ্রের জলে এবং লবণের খনি হইতে ইহা প্রচুর পাওয়া যায়।

(২) সোডিয়াম নাইট্রেট, (চিলি-শোরা), $NaNO_3$। চিলির সমুদ্র-উপকূলে ইহা পাওয়া যায়।

(৩) সোডিয়াম কার্বনেট, Na_2CO_3। মাটি ও বালুকার সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ইহা থাকে। মিশরে ইহাকে ট্রোনা (Trona) ও ভারতে ইহাকে সাজিমাটি বলে।

(৪) সোডিয়াম পাইরোবোরেট, (বোরাক্স বা সোহাগা), $Na_2B_4O_7$। তিব্বত, হিমালয় অঞ্চল ও সিংহলে পাওয়া যায়।

(৫) সোডিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট বা সোডা-ফেল্ডস্পার, $NaAlSi_3O_8$। ইহা এক প্রকার খনিজ পাথর, বহু পাহাড়েই ইহার সন্ধান পাওয়া যায়।

২৭-১। সোডিয়াম প্রস্তুতি—পরাবিদ্যুৎবাহী মৌলসমূহের ভিতর সোডিয়াম অন্যতম, সুতরাং অক্সিজেন বা অন্যান্য অ-ধাতুর প্রতি উহার আসক্তিও সমধিক। এই কারণে উহার অক্সাইড বা অন্য কোন লবণকে উত্তপ্ত করিয়া কার্বন প্রভৃতি বিজারক সাহায্যে বিশ্লেষিত করা অত্যন্ত কষ্টসাধ্য; তবে অসম্ভব নহে। $Na_2CO_3 + 2C = 2Na + 3CO$

কাষ্‌নারের (Castner) প্রবর্তিত পদ্ধতি অনুসারে কস্টিক সোডার তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম প্রস্তুত করা হয়। অধুনা কোন কোন দেশে খাদ্যলবণের (NaCl) তড়িৎ-বিশ্লেষণ সাহায্যেও ধাতুটি উৎপাদন করা হইতেছে।

কাষ্‌নার পদ্ধতি (Castner Process)—দুইটি তড়িৎদ্বারের সাহায্যে গলিত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ভিতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে উহা বিশ্লেষিত হইয়া ক্যাথোডে সোডিয়াম ও হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। $2NaOH = 2Na + H_2 + O_2$

গলিত কস্টিক সোডা বিদ্যুৎ-পরিবাহী এবং উহাতে Na^+ আয়ন এবং OH^- আয়ন থাকে। তড়িৎ-প্রবাহ দিলে, এই আয়নগুলি তড়িৎ-দ্বারে গিয়া উহাদের আধান হইতে মুক্তি লাভ করে এবং নিম্নলিখিত উপায়ে বিশ্লেষণটি সংঘটিত হইয়া থাকে :—

ক্যাথোডে : $Na^+ + e = Na$


$NaOH = Na^+ + OH^-$

অ্যানোডে : $4OH^- - 4e = 4OH = 2H_2O + O_2$

ক্যাথোডে : $2H^+ + 2e = H_2$

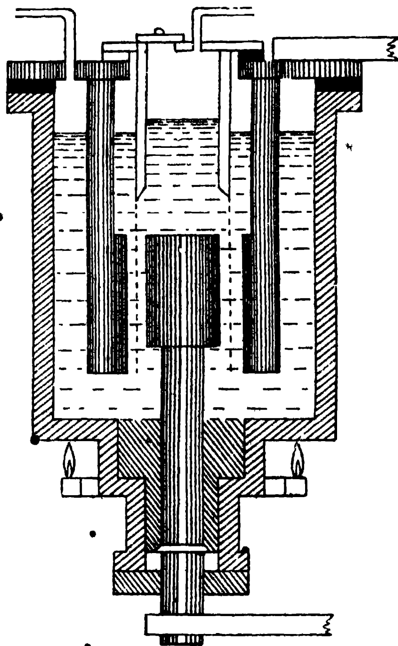

$H_2O = H^+ + OH^-$

অ্যানোডে : $4OH - 4e = 4OH = 2H_2O + O_2$

অর্থাৎ ক্যাথোডে সোডিয়াম ও অ্যানোডে OH যৌগমূলক উৎপন্ন হয়। কিন্তু OH মূলকের কোন স্বাধীন সত্তা নাই, সুতরাং উহা জল ও অক্সিজেনে পরিণত

হইয়া যায়। অ্যানোডে উৎপন্ন জল অতঃপর বিদ্যুৎ-প্রবাহ দ্বারা বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন ক্যাথোড এবং অক্সিজেন অ্যানোড হইতে পাওয়া যায়।

গলিত কস্টিক সোডার পরিবর্তে কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণ হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম পাওয়া সম্ভব নয়। কারণ, ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হওয়ামাত্র জলের সহিত বিক্রিয়ার ফলে উহা পুনরায় কস্টিক সোডাতে পরিণত হইয়া যাইবে।



চিত্র ২৭ক—সোডিয়াম প্রস্তুতি (কাষ্‌নার পদ্ধতি)

ঢালাই লোহার তৈয়ারী ছোট ছোট গোলাকার ট্যাঙ্কে কস্টিক সোডার তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পাদিত হয়। কস্টিক সোডা গলিত অবস্থায় রাখার জন্য ট্যাঙ্কের নীচে গ্যাস-দীপ জ্বালিয়া উহাকে ৩২৫° সেন্টি. তাপিত করা হয়। ট্যাঙ্কটির নীচের অংশটি একটি প্রশস্ত নলের আকারে প্রসারিত। এই নলের ভিতর একটি লোহার ক্যাথোড প্রায় ট্যাঙ্কের মধ্যস্থলে প্রবেশ করে (চিত্র ২৭ক)। ক্যাথোডের উপরের অংশটুকু অপেক্ষাকৃত প্রশস্ত থাকে। গলিত কস্টিক সোডা নীচের নলের ভিতরে গিয়া শীতল হইয়া জমিয়া যাওয়ার ফলে ক্যাথোডটিকে স্থিরভাবে দণ্ডায়মান রাখার কোন অসুবিধা হয় না। ক্যাথোডটিকে বেষ্টন করিয়া উহার কিছুদূরে একটি নিকেলের দৃঢ় পাত উপর হইতে ঝুলাইয়া রাখা হয়। ইহা অ্যানোডের কাজ করে। ট্যাঙ্কের অন্যান্য অংশ হইতে অ্যানোড ও ক্যাথোড অবশ্যই অন্তরিত (insulated) অবস্থায় থাকে। ক্যাথোডের অব্যবহিত উপরে একটি গোলাকার লৌহপাত্র থাকে। উহার নীচের দিকটা খোলা, এবং উপরের দিকে গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার জন্য

একটি নির্গমদ্বার আছে। এই পাত্রটির নিম্নপ্রান্ত হইতে একটি লোহার তারজালি ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। তারজালিটি অ্যানোড ও ক্যাথোডের মধ্যে অবস্থিত থাকে। উৎপন্ন সোডিয়াম যাহাতে অ্যানোডের দিকে বিস্তৃত না হয়, সেইজন্য এই তারজালিটির প্রয়োজন। ইহা সোডিয়ামের বিস্তৃতিতে বাধা দেয়। সম্পূর্ণ ক্যাথোডটি এবং অ্যানোডেরও অধিকাংশ গলিত কস্টিক সোডাতে নিমজ্জিত থাকে। অতঃপর ক্যাথোড ও অ্যানোডটি যথারীতি ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিয়া গলিত কস্টিক সোডার ভিতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়া হয়।

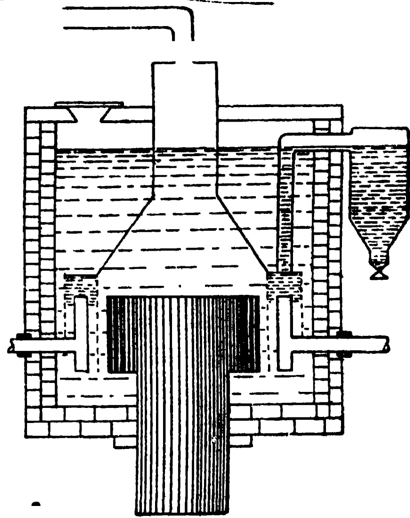
সোডিয়াম গলিত অবস্থায় লোহার ক্যাথোডে উৎপন্ন হয় এবং কস্টিক সোডা হইতে হাল্‌কা বলিয়া উপরের লোহার পাত্রে ভাসিয়া ওঠে। সোডিয়ামের সঙ্গে হাইড্রোজেনও উৎপন্ন হয় এবং উহা সোডিয়ামের ভিতর দিয়া বুদ্‌বুদের আকারে উঠিতে থাকে এবং পাত্রটির উপরে নির্গমদ্বার দিয়া বাহির হইয়া যায়। এইজন্য উৎপন্ন সোডিয়াম সর্বদাই হাইড্রোজেন গ্যাসে আবৃত থাকে। বাহিরের বাতাস দ্বারা আক্রান্ত হওয়ার উহার কোন সম্ভাবনা থাকে না। যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম সঞ্চিত হইলে, ঝাঁঝরা চাম্‌চের সাহায্যে উহা তুলিয়া লইয়া কেরোসিনের ভিতরে রাখা হয়। অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং একটি নির্গম-নলের ভিতর দিয়া উহা বাহির হইয়া যায়।

কাষ্‌নার পদ্ধতিতে সহজেই সোডিয়াম পাওয়া যায় এবং বেশী উষ্ণতার প্রয়োজন হয় না। এই জন্যই এই পদ্ধতিটির সমাদর হইয়াছে। কিন্তু ইহার কতকগুলি অসুবিধাও আছে, ইহাতে যে বিদ্যুৎ-শক্তি ব্যয় হয় তাহার মাত্র শতকরা ৫০ ভাগ সোডিয়াম প্রস্তুতিতে প্রয়োজন. অপরাংশ জল-বিশ্লেষণের জন্য অপব্যয় হয়। দ্বিতীয়তঃ ইহাতে কস্টিক সোডা কাঁচামাল হিসাবে ব্যবহার করিতে হয়। উহা প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে প্রস্তুত করিয়া লইতে হয়, সুতরাং কাঁচামালের মূল্য অধিক হইয়া থাকে। এই কারণে বহুকাল যাবৎ সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা সোডিয়াম প্রস্তুতির প্রচেষ্টা চলিতেছে। সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রচুর পরিমাণে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় এবং অত্যন্ত সস্তা। কিন্তু কয়েকটি বিশেষ অসুবিধার জন্য অনেক দিন পর্যন্ত এই প্রচেষ্টা সার্থকতা লাভ করে নাই।

(১) সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক ৮১৫° সেন্টি.। সুতরাং উহাকে গলান বেশ কষ্টসাধ্য এবং ব্যয়সাধ্য। (২) অধিক উষ্ণতায় গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং বিক্রিয়াজাত সোডিয়াম এবং ক্লোরিন—ইহারা সকলেই পাত্র এবং ক্যাথোড ইত্যাদি আক্রমণ করে। (৩) উৎপন্ন সোডিয়ামের অধিকাংশ গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশিয়া কলয়েডে পরিণত হয়। সেই সোডিয়াম উদ্ধার করা দুরূহ। (৪) সোডিয়ামের স্ফুটনাঙ্ক ৮৮৩° সেন্টি.। এইজন্য ৮০০° সেন্টিগ্রেডে উহার যথেষ্ট উদ্বায়িতা পরিলক্ষিত হয়, এবং এই উষ্ণতায় অনেকটা সোডিয়াম বাষ্পীভূত হইয়া যায়।

অধুনা সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে সোডিয়াম প্রস্তুত করার একটি বিশেষ প্রণালীর উদ্ভাবন হইয়াছে।

২৭-২। ডাউনস্ পদ্ধতি (Downs' Process):—সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত উহার প্রায় এক-চতুর্থাংশ অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করা হয়। মিশ্রণটিকে একটি লোহার ট্যাঙ্কে প্রথমে তাপ-প্রয়োগে গলান হয়, পরে অবশ্য বিদ্যুৎ-প্রবাহের সাহায্যেই উহাকে গলিত অবস্থায় রাখা যায়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশ্রিত থাকার ফলে উহা ৬০০°-৬২০° সেন্টিগ্রেডেই বিগলিত হইয়া যায়। এইভাবে প্রায় ২০০° ডিগ্রী উষ্ণতা কমিয়া যাওয়াতে শুধু সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষণের অসুবিধা বহুলাংশে দূরীকৃত হয়। এই জন্যই, সোডিয়াম প্রস্তুতি সম্ভব হইয়াছে।



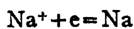
চিত্র ২৭খ—সোডিয়াম প্রস্তুতি (ডাউনস্ পদ্ধতি)

ট্যাঙ্কের নীচ হইতে একটি প্রশস্ত গ্র্যাফাইট কার্বন অ্যানোড হিসাবে ভিতরে প্রবেশ করান থাকে। অ্যানোডটি বেষ্টন করিয়া উহা হইতে কিছু দূরে একটি বৃত্তাকার শক্ত লোহার পাত ক্যাথোড হিসাবে রাখা হয়। সমস্ত ক্যাথোডের উপর অংশটুকু একটি ঢাকনার সাহায্যে আবৃত থাকে। ক্যাথোডের উপর এই ঢাকনার ভিতরে উৎপন্ন সোডিয়াম সঞ্চিত হয় (চিত্র ২৭খ)। অ্যানোডের ঠিক উপরে পর্সেলীন বা অগ্নিসহ মৃত্তিকায় তৈয়ারী একটি বড় গম্বুজাকৃতি ঢাকনা থাকে। ইহার ভিতরে বিশ্লেষণজাত ক্লোরিন সঞ্চিত হয় এবং উপরের একটি নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। ক্যাথোড ও অ্যানোডের মধ্যে একটি সরু তারজালি রাখা হয়, যাহাতে ক্যাথোডের নিকট হইতে সোডিয়াম সহজে অ্যানোডের দিকে না আসিতে পারে। তড়িৎ-দ্বার দুইটি যথারীতি

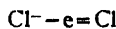
একটি ব্যাটারীর সহিত সংযুক্ত করিয়া গলিত লবণের ভিতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ দিলে সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত হইবে।



$$NaCl = Na^+ + Cl^-$$



$Na^+ + e = Na$ [ক্যাথোডে]



$Cl^- - e = Cl$



$Cl + Cl = Cl_2$ [অ্যানোডে]



অর্থাৎ $2NaCl = 2Na + Cl_2$

গলিত সোডিয়াম ধাতু ক্যাথোডের উপরের ঢাকনার নীচে সঞ্চিত হয়। যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম জড় হইলে সেখান হইতে একটি সাইফন নলের সাহায্যে উহা বাহিরের একটি কেরোসিন-পূর্ণ পাত্রে চলিয়া যায়। অ্যানোডে যে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়, উহা পর্সেলীনের ঢাকনার ভিতর দিয়া বাহির হইয়া আসে।

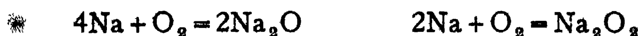
২৭-৩। সোডিয়ামের ধর্ম :—(১) সোডিয়াম অত্যন্ত নরম, রূপার মত উজ্জ্বল সাদা ধাতু। উহাকে একটি ছুরির দ্বারাই কাটা যায়। উহার ঘনত্ব ০·৮৩৪, গলনাঙ্ক ৯৮° সেণ্টি. এবং স্ফুটনাঙ্ক ৮৮৩° সেণ্টি.। ইহার বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা যথেষ্ট।

(২) সোডিয়াম বাতাসের সংস্পর্শে আসিলেই অক্সিজেন, জলীয় বাষ্প, কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রভৃতির সহিত ক্রিয়া করে। সেইজন্যই সাধারণতঃ সোডিয়ামের উজ্জ্বল সাদা রঙটি দেখা যায় না। সোডিয়াম অক্সাইড প্রভৃতি দ্বারা উহার বহির্ভাগ আবৃত থাকে। $4Na + O_2 = 2Na_2O$

(৩) জলের সংস্পর্শে সোডিয়াম আসিলেই উহা তৎক্ষণাৎ কস্টিক সোডাতে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$

সুতরাং সোডিয়ামকে জল ও বায়ু হইতে পৃথক রাখা প্রয়োজন। এই কারণেই উহাকে কেরোসিনের ভিতর রাখা হয়।

(৪) উত্তপ্ত সোডিয়াম অক্সিজেন গ্যাসে উজ্জ্বল সোনালী আলো সহকারে জ্বলে এবং সোডিয়াম অক্সাইড ও পার-অক্সাইডে পরিণতি লাভ করে।



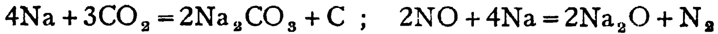
* $4Na + O_2 = 2Na_2O$ $2Na + O_2 = Na_2O_2$

(৫) ক্লোরিনের সংস্পর্শে আসিলেও সোডিয়াম প্রজ্জলিত হইয়া ওঠে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $2Na + Cl_2 = 2NaCl$

* অন্যান্য হ্যালোজেন এবং অনেক অ-ধাতুর সহিতও সোডিয়াম সোজাসুজি যুক্ত হয়।

(৬) হাইড্রোজেন গ্যাসে সোডিয়াম উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম হাইড্রাইড পাওয়া যায়। $2Na + H_2 = 2NaH$

(৭) উত্তপ্ত বা জলন্ত সোডিয়াম কার্বন-ডাই-অক্সাইড, নাইট্রিক অক্সাইড প্রভৃতিকে বিযোজিত করিয়া দেয়।



$$4Na + 3CO_2 = 2Na_2CO_3 + C \; ; \quad 2NO + 4Na = 2Na_2O + N_2$$

সোডিয়ামের ব্যবহার ঃ—সোডিয়াম পার-অক্সাইড, সোডিয়াম সায়নাইড প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে সোডিয়াম ধাতুর প্রয়োজন হয়। কোন কোন কৃত্রিম রবার উৎপাদনেও সোডিয়াম দরকার। জৈবজাতীয় যৌগ-পদার্থের বিশ্লেষণে সোডিয়াম ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম একত্র মিশ্রিত করিলে যে ধাতুসংকর পাওয়া যায় উহা অপেক্ষাকৃত অধিক উষ্ণতাতেও তরল থাকে বলিয়া থার্মোমিটারে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়ামের পারদসংকর (amalgam) জল বা কোহলের সহিত মিশ্রিত করিলে জায়মান হাইড্রোজেন পাওয়া যাইতে পারে, সুতরাং বিজারক হিসাবে উহা ব্যবহৃত হয়।

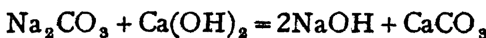
২৭-৪। ধাতুসংকর (Alloys)—অনেক সময় একাধিক ধাতু বিগলিত অবস্থায় মিশ্রিত করিয়া শীতল করিলে একটি সমসত্ত্ব কঠিন পদার্থ পাওয়া যায়। ধাতুর এইরূপ মিশ্রণকে ধাতুসংকর বলে। যথা ঃ—তামা এবং টিন গলাইয়া মিশ্রিত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে কাঁসা পাওয়া যায়। সেইরূপ তামা ও দস্তার মিশ্রণে পিতল প্রস্তুত হয়। কাঁসা, পিতল—এইসব ধাতুসংকর।

পারদের ভিতর নানারকম ধাতু প্রায়ই দ্রবীভূত হইয়া থাকে। পারদের সহিত অন্য ধাতুর সংকরকে সচরাচর পারদসংকর বলা হয়। ইংরেজীতে ইহাদের নামই অ্যামালগাম।

সোডিয়ামের বহুবিধ যৌগের মধ্যে কস্টিক সোডা ও সোডিয়াম কার্বনেট বিশেষ উল্লেখযোগ্য। নানারকম শিল্পে ও রাসায়নিক বিক্রিয়াতে উহারা অপরিহার্য। উহাদের বিষয় এখানে আলোচিত হইল।

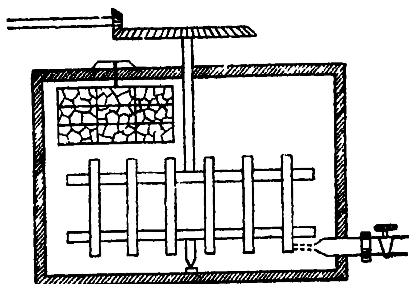
২৭-৫। সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, কস্টিক সোডা, NaOH ঃ ইহার প্রস্তুতির দুইটি পদ্ধতি আছে।

(ক) **ক্ষারীকরণ পদ্ধতি (Causticising Process)**—অতিরিক্ত পরিমাণ চুনের সহিত সোডা অর্থাৎ সোডিয়াম কার্বনেট গরম করিলে কস্টিক সোডা পাওয়া যায়। সোডা একটি মৃদু ক্ষার, কিন্তু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড অত্যন্ত বিদাহী তীক্ষ্ণ ক্ষার। মৃদু ক্ষার এইরূপ তীক্ষ্ণ ক্ষারে পরিণত হয় বলিয়া এই পদ্ধতিটিকে “ক্ষারীকরণ” বলা হয়।



$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3$$

একটি লোহার চতুষ্কোণ ট্যাঙ্কে সোডার লঘুদ্রবণ (২০%) লওয়া হয়। একটি তারজালির বাক্সে কলিচুন ভরিয়া, বাক্সটি সোডার দ্রবণে নিমজ্জিত করিয়া রাখা হয়। চুন জলের সহিত মিশিয়া ফুটিতে থাকে। যন্ত্র-চালিত আলোড়ক সাহায্যে ফুটান চুন (Slaked lime) সোডার দ্রবণের সহিত উত্তমরূপে মিশান হয়। বিক্রিয়াটি সহজে নিষ্পন্ন করার জন্য প্রয়োজনানুরূপ স্টীম ট্যাঙ্কের ভিতর পরিচালিত করা হয়, যাহাতে দ্রবণের উষ্ণতা মোটামুটি ৮০°-৯০° সেন্টি থাকে [চিত্র ২৭গ]। উৎপন্ন ক্যাল্‌সিয়াম কার্বনেট জলে অদ্রবণীয়, কিন্তু কস্টিক সোডা অত্যন্ত দ্রবণীয়। বিক্রিয়াশেষে ক্যালসিয়াম কার্বনেট থিতাইয়া যায় এবং উপর হইতে কস্টিক সোডার লঘু দ্রবণ আস্রাবণ করিয়া লওয়া হয়। অতঃপর অনুপ্রেষপাতন সাহায্যে উহার জলীয় অংশ যথাসম্ভব বাষ্পীভূত করিয়া দেওয়া হয়। দ্রবণে যখন কস্টিক সোডার পরিমাণ শতকরা ৫০ ভাগ হয় তখন উহাকে উন্মুক্ত লোহার কড়াইতে উত্তপ্ত করিয়া বিশুষ্ক করা হয় এবং গলিত কস্টিক সোডাকে যষ্টির আকারে ঢালাই করা হয়। উপজাত দ্রব্য হিসাবে যে ক্যালসিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়, উহাকে চুল্লীতে ভস্মীভূত করিয়া ক্যালসিয়াম অক্সাইড বা চুন পাওয়া যায়। এই চুন পুনরায় ক্ষারীকরণে ব্যবহৃত হয়। $CaCO_3 = CaO + CO_2$



চিত্র ২৭গ—ক্ষারীকরণ পদ্ধতিতে কস্টিক সোডা

(খ) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Electrolytic Process)**—সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হয়। কিন্তু সঙ্গে সঙ্গেই উহা জলের সহিত ক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন ও কস্টিক সোডাতে পরিণত হয়। অ্যানোডে অবশ্য ক্লোরিন উৎসারিত হয়।

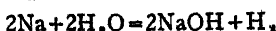


$$NaCl = Na^+ + Cl^-$$

ক্যাথোডে :—

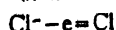


$$Na^+ + e = Na$$

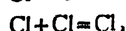


$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

অ্যানোডে :—



$$Cl^- - e = Cl$$



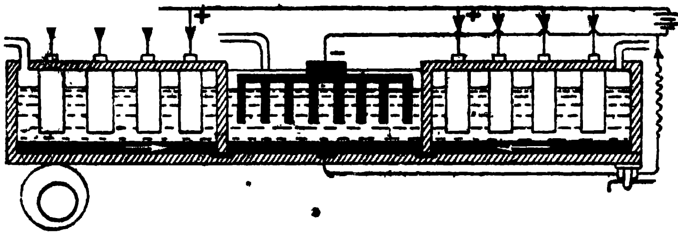
$$Cl + Cl = Cl_2$$



অর্থাৎ $2NaCl + 2H_2O = 2NaOH + H_2 + Cl_2$

তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতির ইহাই মূলকথা। কিন্তু সাধারণতঃ এই বিশ্লেষণটি করিতে গেলে উৎপন্ন ক্লোরিন কস্টিক সোডার সহিত খানিকটা বিক্রিয়া করে এবং উহার কতকাংশ হাইপোক্লোরাইট বা ক্লোরেট লবণে পরিণত হইয়া যায়। ইহাতে কস্টিক সোডার অপচয় ঘটে এবং বিশুদ্ধ ক্ষার পাওয়া যায় না। যাহাতে উৎপন্ন ক্লোরিন কস্টিক সোডার সংস্পর্শে না আসিতে পারে সেইজন্য পৃথক প্রকোষ্ঠে উহাদের উৎপাদন করার ব্যবস্থা হয়।

(গ) **পারদ সেল: কাছ্‌নার-কেল্‌নার পদ্ধতি (Castner-Kellner cells)**—এই পদ্ধতিতে শ্লেটের তৈয়ারী প্রশস্ত কিন্তু অপেক্ষাকৃত অগভীর ট্যাঙ্কে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ট্যাঙ্কের আয়তন মোটামুটি ৬′ × ৪′ এবং উচ্চতা ৬″ ইঞ্চি। ট্যাঙ্কের



চিত্র ২৭ঘ—কাছ্‌নার-কেল্‌নার সেল

মেঝেটি প্রায় ⅛″ ইঞ্চি পুরু পারদ দ্বারা আবৃত থাকে। প্রত্যেকটি ট্যাঙ্ক দুইটি শ্লেটের প্রাচীর দ্বারা তিনটি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত থাকে। এই প্রাচীর দুইটি কিন্তু মেঝে পর্যন্ত পৌঁছায় না, মেঝে হইতে প্রায় $\frac{1}{16}$″ ইঞ্চি উপরে পারদের মধ্যে নিমজ্জিত থাকে। ফলে অনায়াসেই পারদ এক প্রকোষ্ঠ হইতে অপর প্রকোষ্ঠে চলাচল করিতে পারে। বহিঃপ্রকোষ্ঠ দুইটিতে পারদের উপরে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণ অথবা লবণোদক (Brine) লওয়া হয়। মধ্যস্থিত প্রকোষ্ঠে জল থাকে। কয়েকটি গ্র্যাফাইট দণ্ড বাহিরের প্রকোষ্ঠের লবণোদকে নিমজ্জিত রাখিয়া অ্যানোড রূপে ব্যবহার করা হয়। ক্যাথোড হিসাবে কয়েকটি লৌহ-ফলক মধ্যস্থিত প্রকোষ্ঠের জলে উপর হইতে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। সমস্ত ট্যাঙ্কটি অবশ্যই আবৃত রাখা হয় এবং প্রত্যেক প্রকোষ্ঠেই উপরের দিকে গ্যাস বাহির হইয়া যাওয়ার জন্য নির্গম-নল থাকে। ট্যাঙ্কের নীচে এক প্রান্তে একটি অসমকেন্দ্রী চাকা লাগান থাকে। উহার সাহায্যে এই প্রান্তটি ধীরে ধীরে

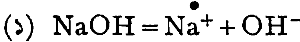
উঁচু ও নীচু করা যায়। ইহাতে এক প্রকোষ্ঠের পারদ অপর প্রকোষ্ঠে চলাচল করিতে পারে, কিন্তু জল বা লবণোদক ইহাদের প্রকোষ্ঠের বাহিরে যাইতে পারে না (চিত্র ২৭ঘ)।

গ্র্যাফাইট অ্যানোড ও লোহার ক্যাথোড যথারীতি ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া দিলে দ্রবণের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ চলিতে থাকে। ব্যাটারী হইতে গ্র্যাফাইট তড়িৎ-দ্বার সাহায্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ বহিঃপ্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে। লবণোদকের ভিতর দিয়া উহা মেঝের পারদে উপনীত হয়। পারদ বাহিয়া বিদ্যুৎ-তরঙ্গ মধ্যপ্রকোষ্ঠের জলে সঞ্চারিত হয় এবং পরিশেষে লোহার ক্যাথোডের সাহায্যে ব্যাটারীতে ফিরিয়া যায়। বস্তুতঃ প্রত্যেকটি প্রকোষ্ঠই একটি বৈদ্যুতিক সেলের কাজ করে। বাহিরের প্রকোষ্ঠগুলিতে গ্র্যাফাইট অ্যানোড ও পারদ ক্যাথোড এবং মধ্যপ্রকোষ্ঠে পারদই অ্যানোড ও লোহা ক্যাথোড। বিদ্যুৎ-পরিচালনার ফলে বহিঃপ্রকোষ্ঠের লবণ বিশ্লেষিত হইয়া গ্র্যাফাইটে ক্লোরিন ও পারদে সোডিয়াম উৎপন্ন হয়। ক্লোরিন নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। উৎপন্ন সোডিয়াম পারদের সহিত মিশিয়া পারদ-সংকরের সৃষ্টি করে। নীচের চাকাটি ঘোরানোর ফলে সমস্ত ট্যাঙ্কটি একবার উঁচু ও একবার নীচু হইয়া দুলিতে থাকে। ফলে পারদ-সংকর বাহিরের প্রকোষ্ঠ হইতে মধ্যপ্রকোষ্ঠে চলিয়া আসে। এখানে জলের সংস্পর্শে আসিয়া সোডিয়াম কস্টিক সোডা ও হাইড্রোজেন উৎপাদন করে। হাইড্রোজেন লোহার ক্যাথোডে নির্গত হয় ও উপরের নল দিয়া বাহিরে যাইতে পারে। যখন বিক্রিয়ার ফলে মধ্যপ্রকোষ্ঠের জল প্রায় শতকরা ২০ ভাগ কস্টিক সোডা দ্রবণে পরিণত হয়, তখন উহাকে প্রকোষ্ঠ হইতে বাহির করিয়া লওয়া হয়। মধ্যপ্রকোষ্ঠ হইতে কস্টিক সোডার লঘুদ্রবণটি বাহির করিয়া লইয়া লোহার কড়াইতে গাঢ় করিয়া শুকাইয়া কঠিন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত করা হয়।

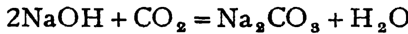
সমস্ত বিদ্যুৎ-প্রবাহ সচরাচর মধ্যপ্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয় না। মধ্যপ্রকোষ্ঠের পারদ এইজন্য একটি রোধ-কুণ্ডলীর (Resistance coil) ভিতর দিয়া ব্যাটারীর অপরা প্রান্তের সহিত যুক্ত করা থাকে। ফলে, বহিঃপ্রকোষ্ঠ অতিক্রম করার পর বিদ্যুৎ-প্রবাহটি দুইভাগে বিভক্ত হইয়া যায় এবং উহার অধিকাংশ জলের ভিতর দিয়া যায় কিন্তু অপরাংশ রোধ-কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া ব্যাটারীতে ফিরিয়া আসে। এই সতর্কতা না লইলে খানিকটা পারদ মধ্যপ্রকোষ্ঠে আয়নিত হইয়া যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। এই অপচয় প্রতিরোধ করা অবশ্য প্রয়োজন, কারণ পারদ যথেষ্ট দামী।

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ব্যবহার—নানারকম শিল্পে কস্টিক সোডার প্রয়োজন হয় :—(১) সাবান প্রস্তুতি, (২) কাগজ প্রস্তুতি, (৩) সোডিয়াম ধাতু উৎপাদন, (৪) কৃত্রিম সিল্ক উৎপাদন, (৫). পেট্রোলিয়াম পরিষ্করণ প্রভৃতি নানা ব্যবসায়ে ইহা ব্যবহৃত হয়। বিজারক হিসাবেও ল্যাবরেটরীতে ইহার প্রয়োজন হয়।

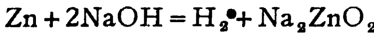
সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের ধর্ম—সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড একটি সাদা উদ্‌গ্রাহী কঠিন পদার্থ। ইহার ঘনত্ব ২·১৩, গলনাঙ্ক ৩১৮°। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়, কোহলেও ইহার যথেষ্ট দ্রাব্যতা আছে। ইহা একটি তীক্ষ্ণ ক্ষার এবং শরীরের ত্বকের সংস্পর্শে আসিলে উহা দাহ এবং ক্ষতের সৃষ্টি করে। তীক্ষ্ণ ক্ষার বলিয়া উহা জলীয় দ্রবণে Na^+ এবং OH^- আয়নে বিয়োজিত হইয়া থাকে। আম্লিক অক্সাইড বা অ্যাসিডের সহিত উহা বিক্রিয়া করিয়া জল ও লবণ উৎপন্ন করে।


(১) $NaOH = Na^+ + OH^-$


(২) $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$


$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$

জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, প্রভৃতি ধাতু কস্টিক সোডার গাঢ় দ্রবণ হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন করে :—


$Zn + 2NaOH = H_2 + Na_2ZnO_2$


$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 3H_2 + 2NaAlO_2$

২৭-৬। সোডিয়াম কার্বনেট, Na_2CO_3—সমুদ্রে জাত উদ্ভিদ্ পোড়াইলে উহার ভস্মে সোডিয়াম কার্বনেট থাকে। প্রাচীনকালে এইভাবেই সোডিয়াম কার্বনেট তৈয়ারী করা হইত। বর্তমানে সোডিয়াম কার্বনেট তিনটি উপায়ে প্রস্তুত করা হয়।

(ক) লেব্লাঙ্ক প্রণালী (Leblanc's method)।

(খ) সল্‌ভে বা অ্যামোনিয়া-সোডা প্রণালী (Ammonia-Soda method)।

(গ) বৈদ্যুতিক প্রণালী (Electrolytic method)।

মিশর ও পূর্ব-আফ্রিকার শুষ্ক হ্রদগুলিতে অবশ্য যথেষ্ট পরিমাণ ট্রোনা (Trona), বা Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $2H_2O$ পাওয়া যায়। উত্তপ্ত করিলে নিরুদিত হইয়া সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।

(ক) লেব্লাঙ্ক প্রণালী—এই পদ্ধতিতে প্রথমতঃ খাদ্যলবণকে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিয়া উহাকে সোডিয়াম সালফেটে পরিণত

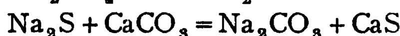
করা হয়। তৎপর সোডিয়াম সালফেট কোক ও চুনাপাথরের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে সোডিয়াম সালফেট কোক দ্বারা বিজারিত হইয়া যায় এবং সোডিয়াম সালফাইড উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম সালফাইড চুনা-পাথরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়।



$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$



$$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$$

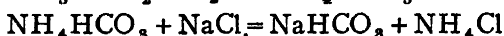


$$Na_2S + CaCO_3 = Na_2CO_3 + CaS$$

(খ) **অ্যামোনিয়া-সোডা পদ্ধতি বা সলভে প্রণালী**—এই প্রণালীতেও সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্যলবণ হইতেই সোডিয়াম কার্বনেট প্রস্তুত করা হয়। গাঢ় লবণোদক প্রথমে অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্বারা সম্পৃক্ত করিয়া লওয়া হয়। এই অ্যামোনিয়াযুক্ত লবণোদকে পরে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করিলে, অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয়। তৎপর অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট ও সোডিয়াম ক্লোরাইড পরস্পরের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিয়া উহাকে নিরুদিত করিলে সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়।



$$NH_3 + CO_2 + H_2O = NH_4HCO_3$$



$$NH_4HCO_3 + NaCl = NaHCO_3 + NH_4Cl$$



$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$$

উপজাত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে চুনের সাহায্যে অ্যামোনিয়া উদ্ধার করিয়া পুনরায় ব্যবহার করা হয়। অ্যামোনিয়া অপেক্ষাকৃত দামী। যাহাতে সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া আবার ফিরিয়া পাওয়া যায় তাহার সুব্যবস্থার উপর এই পদ্ধতির সাফল্য নির্ভর করে।



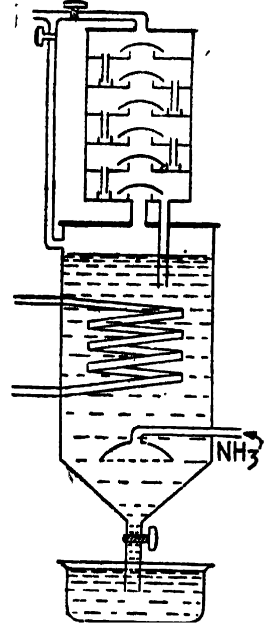
$$2NH_4Cl + CaO = 2NH_3 + CaCl_2 + H_2O$$

এই প্রণালীতে যথেষ্ট কার্বন-ডাই-অক্সাইডও প্রয়োজন। উহা চুনাপাথর পোড়াইয়া প্রস্তুত করিয়া লওয়া হয়। $CaCO_3 = CaO + CO_2$

অতএব, এই পদ্ধতিতে কাঁচামাল হিসাবে প্রয়োজন:—(১) লবণোদক (Brine) (২) চুনাপাথর (Limestone) (৩) অ্যামোনিয়া (Ammonia)।

সমস্ত প্রণালীটিকে কয়েকটি ভাগে বিভক্ত করিয়া দেখা যাইতে পারে।

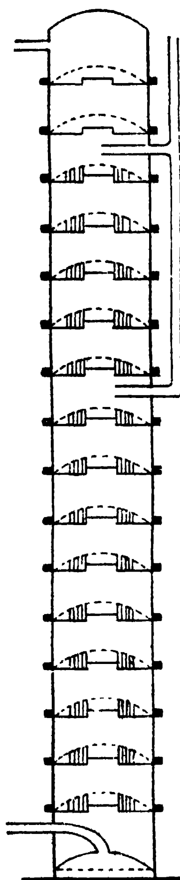
(১) **লবণোদকের অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্তি**—একটি লোহার ট্যাঙ্কের ভিতর লবণোদক অ্যামোনিয়া দ্বারা সম্পৃক্ত করা হয়। উপরস্থ একটি চৌবাচ্চা হইতে ধীরে ধীরে সর্বদাই এই ট্যাঙ্কে গাঢ় লবণোদক প্রবাহিত করা হয় এবং একটি নলের সাহায্যে লবণোদকের ভিতর ট্যাঙ্কের নীচের দিকে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবেশ করান হয়। অ্যামোনিয়া গ্যাস উপরের দিকে বুদ্‌বুদের আকারে উঠিবার সময় লবণোদকে দ্রবীভূত হইতে থাকে। এইরূপে লবণোদক অ্যামোনিয়াতে সম্পৃক্ত হয়। অ্যামোনিয়া দ্রবণ-কালে তাপ-উদ্ভব হয়, সেইজন্য লবণোদকের উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়। অথচ উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইলে অ্যামোনিয়ার দ্রাব্যতা কমিয়া যায়, সেইজন্য একটি কুণ্ডলাকৃতি নল এই ট্যাঙ্কে রাখিয়া উহার ভিতর দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করিয়া উষ্ণতা ৪০°-৬০° ডিগ্রীর ভিতর রাখা হয়। ট্যাঙ্কের নীচে একটি স্টপকক-যুক্ত নির্গমপথ দিয়া অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণোদক অতঃপর একটি প্রকাণ্ড হৌজে আসিয়া জমা হয়। (চিত্র-২৭৬)।



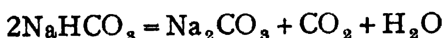
চিত্র ২৭৬—লবণোদকের অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্তি

(২) **অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণোদকের অঙ্গারায়ীকরণ [Carbonation]**—পাম্পের সাহায্যে পূর্বোক্ত হৌজ হইতে অ্যামোনিয়া-যুক্ত লবণোদক একটি সু-উচ্চ স্তম্ভের উপরে লইয়া যাওয়া হয় এবং স্তম্ভের ভিতর আস্তে আস্তে নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। এই স্তম্ভটিকে সল্‌ভে স্তম্ভ বলা হয়। ইহার ভিতর অনেকগুলি লোহার প্লেট আড়াআড়ি সংলগ্ন থাকে এবং প্লেটগুলির মধ্যস্থলে একটি করিয়া ছিদ্র থাকে। এই ছিদ্রের ঈষৎ উপরে একটি ব্যাঙের ছাতার মত গোলাকার ছোট ঢাক্‌নি থাকে। ঢাক্‌নিটি এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে ছিদ্রপথে গ্যাস বা তরল পদার্থের চলাচল সম্ভব হয়। উপর হইতে ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়া-যুক্ত লবণোদক পর পর এই ঢাক্‌নিগুলির উপর পড়ে এবং উহা বাহিয়া ছিদ্রপথ দিয়া পরবর্তী প্রকোষ্ঠে আসিতে থাকে। এইভাবে লবণোদক নীচের দিকে নামিতে থাকে, এবং নীচ

হইতে কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস উপরের দিকে পরিচালিত করা হয়। বিপরীতমুখী CO_2 গ্যাস ও অ্যামোনিয়াযুক্ত লবণোদক নিবিড় সংস্পর্শে আসে (চিত্র ২৭চ)। ইহাতে প্রথমে অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং উহা সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপাদন করে। সোডিয়াম বাই-কার্বনেটের দ্রবণীয়তা অপেক্ষাকৃত কম এবং লবণোদকে উহার দ্রাব্যতা খুবই কম। সুতরাং সোডিয়াম বাই-কার্বনেট খুব ছোট ছোট স্ফটিকের আকারে কেলাসিত হইয়া লবণোদকে প্রলম্বিত (suspended) অবস্থায় থাকে। স্তম্ভের ভিতরে সাধারণতঃ উষ্ণতা ৩৫°-৫৫° ডিগ্রী সেন্টিগ্রেডের ভিতর রাখাই সমীচীন। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট সহ স্তম্ভের সমস্ত লবণোদক নীচের একটি নির্গম-পথে বাহিরে আসে। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট অতঃপর ফেল্ট-কাপড়ের উপর ছাঁকিয়া পৃথক করা হয়। ইহার পর এই সোডিয়াম বাই-কার্বনেট একত্র সংগৃহীত করিয়া একটি ঘূর্ণচুল্লীতে ১৮০° সেন্টি. উষ্ণতায় তাপিত করা হয়। ফলে উহা নিরুদিত হইয়া সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয় এবং কিছু CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই কার্বন-ডাই-অক্সাইডও সল্‌ভে-স্তম্ভে ব্যবহৃত হয়। ঘূর্ণচুল্লী হইতে যে সাদা শুষ্ক বিচূর্ণ পদার্থ পাওয়া যায় উহাই অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট।



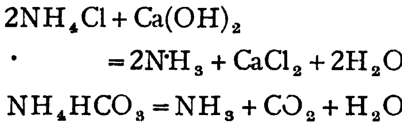
চিত্র ২৭চ—অ্যামোনিয়া-যুক্ত লবণোদকের অঙ্গারাম্লীকরণ



$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

(৩) **অ্যামোনিয়ার পুনরুদ্ধার**:—সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ছাঁকিয়া পৃথক করায় যে পরিস্রুৎ পাওয়া যায়, উহাতে সোডিয়াম ক্লোরাইড ছাড়াও সমস্তটুকু উপজাত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড থাকে। এই পরিস্রুৎ হইতে সমস্ত অ্যামোনিয়া উদ্ধার করিয়া আবার ব্যবহার করা হয়। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে অ্যামোনিয়া উদ্ধার আর একটি বিশেষ রকমের স্তম্ভে সম্পাদিত হয় (চিত্র ২৭ছ)। ইহার উপর হইতে

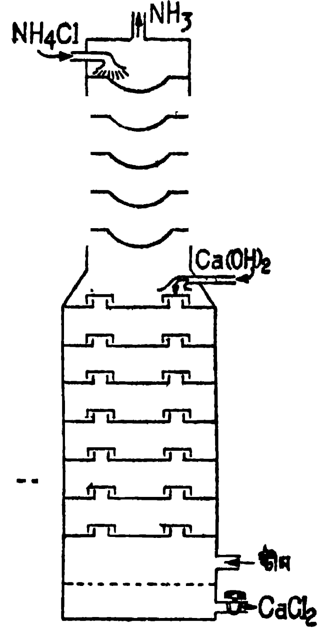
ধীরে ধীরে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত পরিস্রুৎটি নীচের দিকে পরিচালিত করা হয়। স্তম্ভটির নীচের দিক হইতে স্টীম প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয় এবং প্রায় মধ্যস্থলে একটি নলের সাহায্যে জলের সহিত কলিচুন মিশ্রিত করিয়া প্রবেশ করান হয়। স্টীমের উত্তাপে কলিচুন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া নিষ্কাশিত করে এবং উহা উপরের দিকে উঠিয়া নির্গম-নল দ্বারা বাহির হইয়া আসে।



$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$$

$$NH_4HCO_3 = NH_3 + CO_2 + H_2O$$

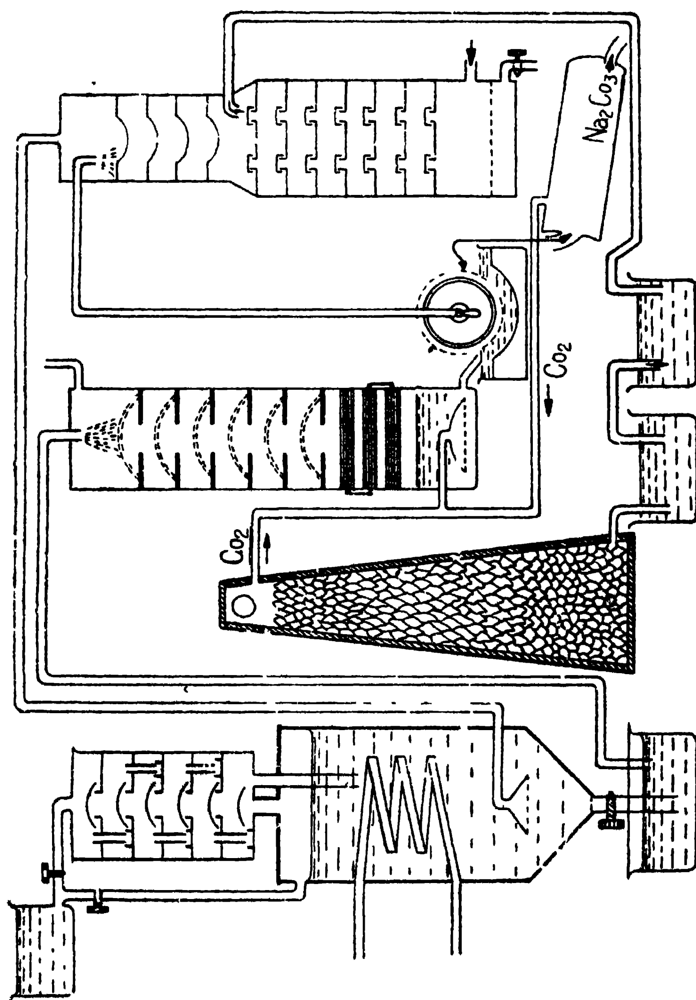
উৎপন্ন অ্যামোনিয়া পুনরায় লবণোদক সম্পৃক্তীকরণে ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ২৭ছ—অ্যামোনিয়ার পুনরুদ্ধার

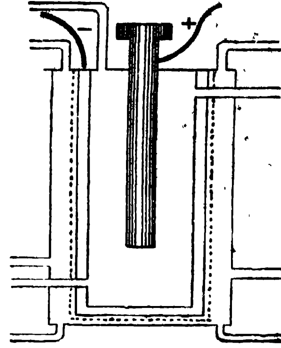
সল্‌ভে প্রণালীর সুবিধা—এখন প্রায় সর্বত্রই সল্‌ভে প্রণালীতে সোডা তৈয়ারী হয়। সল্‌ভে প্রণালীর বিশেষ সুবিধা এই যে (১) উহার কাঁচামাল সস্তা ও সহজলভ্য, (২) এই পদ্ধতিতে বেশী উষ্ণতার প্রয়োজন হয় না, সুতরাং জ্বালানির ব্যয় খুব কম, (৩) এই প্রণালীতে প্রস্তুত সোডা অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ এবং এই পদ্ধতির উৎপাদন-ক্ষমতা বা কার্যকারিত্বও অধিকতর। প্রণালীটির অবশ্য দুইটি অসুবিধার কথাও উল্লেখ করা প্রয়োজন। সোডিয়াম ক্লোরাইডের সম্পূর্ণ ক্লোরিনটুকুই ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয় এবং উহার কোন উপযুক্ত চাহিদা নাই। দ্বিতীয়তঃ, অ্যামোনিয়া-সম্পৃক্ত লবণোদক যথেষ্ট দুর্গন্ধযুক্ত এবং ক্ষারগুণসম্পন্ন। উহার পরিচালন ইত্যাদি বেশ কষ্টসাধ্য ব্যাপার।

(গ) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ-পদ্ধতি (হারগ্রিভস-বার্ড পদ্ধতি) [Hergreaves-Bird-Process]**—একটি মধ্যাবরক সেলে লবণোদক তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিয়া কস্টিক সোডা উৎপন্ন করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে কার্বন-ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে উহাকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করা হয়। ইহাই এই পদ্ধতির মূল কথা। হারগ্রিভস-বার্ড সেলে এই পরিবর্তন সম্পাদিত হয়। সেলটির প্রাচীরের ভিতরের দিকটি সিমেণ্ট-লিপ্ত থাকে। সিমেণ্ট-অ্যাসবেসটোসের তৈয়ারী দুইটি আবরক-প্রাচীরের (Diaphragm wall) সাহায্যে সেলটি তিনটি প্রকোষ্ঠে বিভক্ত থাকে (চিত্র ২৭জ)। এই মধ্যাবরক প্রাচীরের দুইটির বাহিরের দিকে দুইটি তামার তারজালি সংলগ্ন থাকে। মধ্য-প্রকোষ্ঠটিতে লবণোদক রাখা হয় এবং উহাতে একটি গ্যাস-কার্বনের অ্যানোড নিমজ্জিত থাকে। তারজালি দুইটি ক্যাথোড রূপে ব্যবহৃত হয়। সমস্ত সেলটির একটি ঢাক্‌নি আছে এবং প্রত্যেক



চিত্র—সলভে প্রণালী

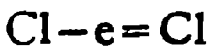
প্রকোষ্ঠের উপরের দিকে গ্যাস-নির্গমপথ আছে। বিশ্লেষণ করার সময় তারজালি ছুইটি একটু জলে সিক্ত করিয়া লওয়া হয় এবং অ্যানোড ও ক্যাথোড ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত হইয়া অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম আয়নগুলি সিমেণ্টের মধ্যাবরকের ভিতর দিয়া আসিয়া তারজালিতে আধানমুক্ত হয় এবং সোডিয়াম ধাতুতে পরিণত হয়। বাহিরের প্রকোষ্ঠে ছুইটি নলের সাহায্যে কার্বন-ডাই-অক্সাইড ও স্টীম প্রবেশ করান হইতে থাকে। সোডিয়াম স্টীমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কস্টিক-সোডা উৎপন্ন করে এবং পরে উহা CO_2 দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। সঞ্জাত হাইড্রোজেন উপরের নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। নীচের একটি নির্গমপথ দিয়া সোডিয়াম-কার্বনেটের দ্রবণ বাহির করিয়া লইয়া উহা হইতে সোডা-স্ফটিক কেলাসিত করা হয়।

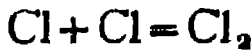


চিত্র ২৭জ—হারগ্রিভস-বার্ড-সেল

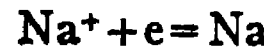

$$NaCl = Na^{+} + Cl^{-}$$

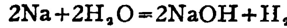
অ্যানোডে

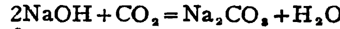

$$Cl - e = Cl$$

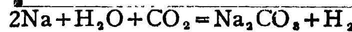

$$Cl + Cl = Cl_2$$

ক্যাথোডে


$$Na^{+} + e = Na$$


$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$


$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$


$$2Na + H_2O + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2$$

সোডিয়াম কার্বনেটের ধর্ম ও ব্যবহার—দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিলে যে সাদা সোডিয়াম-কার্বনেট স্ফটিক পাওয়া যায়, উহাতে প্রত্যেক অণুর সহিত ১০টি জলের অণু সংযুক্ত থাকে—Na_2CO_3, $10H_2O$। ইহাই বাজারে "কাপড়-কাচা সোডা" নামে পরিচিত। বাতাসে রাখিয়া দিলে এই সোদক স্ফটিক হইতে জল বাষ্পীভূত হইতে থাকে এবং উদ্‌ত্যাগী স্ফটিক হইতে একটি নূতন সোডার উদ্ভব হয়। উহাতে সোডার প্রতি অণুতে একটি মাত্র জলের অণু থাকে।


$$Na_2CO_3,\ 10H_2O = Na_2CO_3,\ H_2O + 9H_2O$$

অধিকতর উত্তাপে জল সম্পূর্ণ দূরীভূত হইয়া উহা অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। ইহাকে সোডা-ভস্ম (Soda Ash) বলা হয়।

অতিরিক্ত তাপে সোডিয়াম কার্বনেট গলিয়া যায় বটে কিন্তু বিযোজিত হয় না। ইহার জলীয় দ্রবণ মৃদু ক্ষারগুণসম্পন্ন। তীব্র ক্ষার এবং মৃদু অম্ল

হইতে উৎপন্ন হওয়াতে লবণ হওয়া সত্ত্বেও ইহাতে ক্ষারকত্ব পরিলক্ষিত হয়। জলীয় দ্রবণে খানিকটা লবণ আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া তীব্রক্ষার উৎপাদন করিয়া থাকে :— $Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + H_2CO_3$

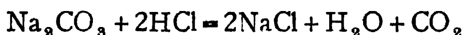
অন্যান্য কার্বনেটের মত সোডাও অ্যাসিডের সংস্পর্শে CO_2 উৎপাদন করে।

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$$

কাচ, সাবান ও কস্টিক সোডা প্রস্তুতিতে প্রচুর সোডিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন হয়। বস্ত্র ও কাগজ শিল্পেও সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়। বস্ত্র এবং অন্যান্য দ্রব্য পরিষ্করণে, ল্যাবরেটরীর বিক্রিয়ক হিসাবে, এবং আরও নানা প্রয়োজনে সোডিয়াম কার্বনেটের যথেষ্ট চাহিদা। সোডিয়াম বাই-কার্বনেটেরও চাহিদা আছে। ঔষধ হিসাবে এবং CO_2 প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। রুটি বা বিস্কুট তৈয়ারীতে যে বেকিং পাউডার (baking powder) লাগে, উহাতে পটাসিয়াম-হাইড্রোজেন টারটারেট ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেট থাকে। জলের সংস্পর্শে এই মিশ্রণ হইতে CO_2 উৎপন্ন হয় ও রুটি ফাঁপিয়া ওঠে।

অষ্টাবিংশ অধ্যায়

মৃৎক্ষার-ধাতু—ক্যালসিয়াম



চিহ্ন, Ca পারমাণবিক গুরুত্ব, ৪০.০৮ ক্রমাঙ্ক, ২০।

প্রকৃতিতে ক্যালসিয়াম মৌলাবস্থায় থাকে না, কিন্তু উহার নানাপ্রকার যৌগ প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। এই সকল যৌগের ভিতর বিশেষ উল্লেখযোগ্য :—

(১) ক্যালসিয়াম কার্বনেট, $CaCO_3$—ইহা বিভিন্ন আকারে ও বিভিন্ন অবস্থায় পাওয়া যায়, যথা :—চুনাপাথর (Lime-Stone), খড়িমাটি, মার্বেল পাথর, ক্যালসাইট (Calcite), ক্যাল্ক-স্পার (Calcspar), ইত্যাদি। ডিমের খোসা এবং জলজন্তুর বহিরাবরণেও ক্যালসিয়াম কার্বনেট থাকে।

(২) ডলোমাইট্ (Dolomite), $CaCO_3$, $MgCO_3$।

(৩) ক্যালসিয়াম সালফেট, $CaSO_4$। ইহা প্রধানতঃ দুই রকমের—

(ক) জিপসাম (Gypsum), $CaSO_4, 2H_2O$।

(খ) অ্যানহাইড্রাইট (Anhydrite), $CaSO_4$।

(৪) ক্যালসিয়াম ফসফেট, $Ca_3(PO_4)_2$। যথা :—

(ক) অ্যাপেটাইট (Apatite), $CaF_2, 3Ca_3(PO_4)_2$।

(খ) ফসফরাইট (Phosphorite), $Ca_3(PO_4)_2$।

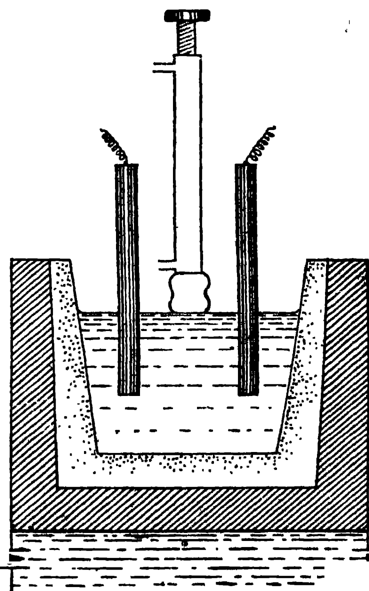
(গ) জীবজন্তুর হাড়েও, $Ca_3(PO_4)_2$ থাকে।

(৫) ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইড, ফ্লুয়োরস্পার, CaF_2।

(৬) ক্যালসিয়াম সিলিকেট, $CaSiO_3$। অনেক পাথরেই ইহা মিশ্রিত থাকে।

২৮-১। ক্যালসিয়াম প্রস্তুতি—ক্যালসিয়াম অক্সাইড অত্যন্ত সহজলভ্য বটে, কিন্তু উহাকে উচ্চ উষ্ণতায়ও কার্বন দ্বারা বিজারিত করা যায় না। সেইজন্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ক্যালসিয়াম ধাতু প্রস্তুত করা হয়।

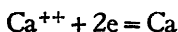
গ্র্যাফাইট নির্মিত পাত্রে বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (৬৬০°-৭০০° সেন্টিগ্রেড) ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়া হয়। দুইটি গ্র্যাফাইট দণ্ড অ্যানোড রূপে এবং একটি লোহার দণ্ড ক্যাথোড রূপে গলিত $CaCl_2$এ আংশিক নিমজ্জিত রাখা হয় (চিত্র ২৮ ক) ক্যাথোডটি ভিতরে ফাঁপা এবং ইহার মধ্য দিয়া জলপ্রবাহ পরিচালিত করিয়া উহাকে সর্বদা শীতল রাখা হয়। বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফলে উহা বিযোজিত হইয়া ক্যাথোডে ক্যালসিয়াম ও অ্যানোডে ক্লোরিন উৎপন্ন হয়। ক্যালসিয়াম ক্যাথোডে সঞ্চিত হইতে থাকিলে, ধীরে ধীরে ক্যাথোডটি উপরের দিকে উঠাইয়া দেওয়া হয় এবং উৎপন্ন ক্যালসিয়াম একটি যষ্টির আকারে পাওয়া যায়।

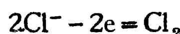


চিত্র ২৮ক—ক্যালসিয়াম প্রস্তুতি



$$CaCl_2 = Ca^{++} + 2Cl^-$$

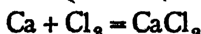




$$Ca^{++} + 2e = Ca \qquad 2Cl^- - 2e = Cl_2$$

ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সামান্য ক্যালসিয়াম ফ্লুরাইড মিশ্রিত করিয়া দেওয়া হয়।]

ক্যালসিয়ামের ধর্ম—ক্যালসিয়াম ধাতু রূপার মতই উজ্জ্বল সাদা রংয়ের কিন্তু যথেষ্ট নরম। সাধারণ ধাতু হইতে ক্যালসিয়ামের সক্রিয়তা অনেক বেশী। অক্সিজেন, হ্যালোজেন, সালফার প্রভৃতির সহিত উহা সহজেই যুক্ত হয়।



$$Ca + Cl_2 = CaCl_2$$

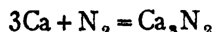




$$2Ca + O_2 = 2CaO \qquad Ca + S = CaS$$

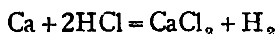
উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাসের সহিতও ক্যালসিয়াম সোজাসুজি যুক্ত হইয়া দ্বিযৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে :—

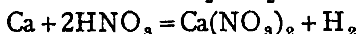

$Ca + H_2 = CaH_2$


$3Ca + N_2 = Ca_3N_2$

জলের সহিত ক্যালসিয়াম ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করে এবং হাইড্রোজেন উৎপাদন করে :— $Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$

বিভিন্ন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া থাকে :—


$Ca + 2HCl = CaCl_2 + H_2$


$Ca + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2$

ক্যালসিয়ামের তেমন বহুল ব্যবহার নাই। কখন কখন কোন কোন ধাতু-নিষ্কাশনের পর ঢালাই করার সময় ক্যালসিয়াম বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। আল্‌কো (Ulco), ফ্রেয়ারী (Frary) প্রভৃতি ধাতুসংকরের ক্যালসিয়াম একটি উপাদান।

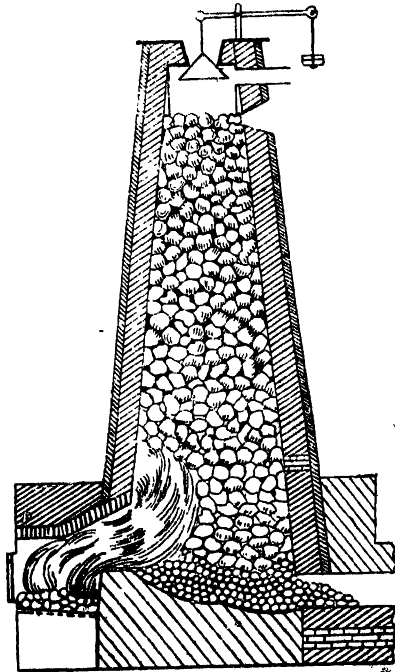
ক্যালসিয়ামের যৌগসমূহ

২৮-২। ক্যালসিয়াম অক্সাইড, চুন CaO : উত্তাপ-প্রয়োগে ক্যালসিয়াম কার্বনেট (চুনাপাথর) বিযোজিত করিয়া সর্বদা চুন প্রস্তুত করা হয়।


$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$

বিক্রিয়াটি উভমুখী। সুতরাং সম্পূর্ণ চুনাপাথরকে চুনে পরিণত করিতে হইলে কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই সরাইয়া লওয়া প্রয়োজন। এইজন্য ইষ্টক-নির্মিত বড় বড় চুনের ভাটিতে (Lime-kiln) এই বিযোজন সম্পাদিত হয়। এই চুনের ভাটি বা চুন-চুল্লীগুলি দেখিতে অনেকটা দীর্ঘ গম্বুজের মত। চুল্লীর নীচে বায়ু-প্রবেশের ব্যবস্থা থাকে। নীচের অংশে কয়লা জ্বালাইয়া চুল্লীতে তাপ প্রয়োগ করা হয়। অনেক সময় পার্শ্ববর্তী একটি চুল্লীতে কয়লা জ্বালাইয়া উত্তপ্ত প্রডিউসার গ্যাস ইত্যাদির ভাটির ভিতর পরিচালিত করা সুবিধাজনক (চিত্র ২৮খ)। ছোট ছোট কাঁকরের আকারে চুনাপাথর উপর হইতে এই চুল্লীতে প্রবেশ করিতে থাকে। চুল্লীর অভ্যন্তরের উষ্ণতা প্রায় ১০০০° সেন্টিগ্রেড হইলে, চুনাপাথর বিযোজিত হইয়া চুনে পরিণত হয়। উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস উত্তপ্ত গ্যাস-প্রবাহে উপরের দিকে উঠিয়া

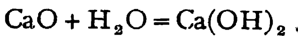
একটি নির্গম-পথে বাহির হইয়া যায়। ভাটির নীচে সাদা চুন আসিয়া জমা হয় এবং উহাকে একটি নির্গম-দ্বার দিয়া বাহির করিয়া লওয়া হয়। চুন টিনের ভিতর আবদ্ধ অবস্থায় স্থানান্তরে প্রেরিত হয়।



চিত্র ২৮খ—চুনের ভাটি

চুনের ধর্ম—চুন একটি সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহাকে তাপিত করিলে সহজে গলে না, বরং অতিরিক্ত উষ্ণতায়, অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা ইত্যাদিতে,—উহা ভাস্বর হইয়া উঠে এবং আলো বিকিরণ করে। বিদ্যুৎ-চুল্লীতে প্রায় ২৭৫০° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় উহাকে গলান সম্ভব।

জলের প্রতি চুনের আসক্তি খুব বেশী। বায়ু হইতে জল শোষণ করিয়া উহা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয়।



$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$.

জলে চুনের দ্রাব্যতা খুব বেশী নয়। উহার জলীয় দ্রবণ অর্থাৎ $Ca(OH)_2$এর দ্রবণ তীব্রক্ষার-গুণাত্মক। চুন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে এবং লবণ ও জল উৎপাদন করে। $CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$

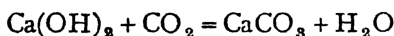
২৮-৩। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, কলিচুন, $Ca(OH_2)$: চুনের সহিত অল্প পরিমাণ জল মিশ্রিত করিলে, চুন উহা তৎক্ষণাৎ সশব্দে শোষণ করিয়া লয়। দ্রবীভূত না হইয়াও এইভাবে চুন যথেষ্ট জল শুষিয়া লইতে পারে। এই প্রক্রিয়ার সময় যথেষ্ট তাপ-উদ্গীরণ হয়, চুন আয়তনে অনেকটা বৃদ্ধি পায় এবং অবশেষে বিচূর্ণ অবস্থা প্রাপ্ত হয়। বস্তুতঃ জলের সহিত চুনের রাসায়নিক যোগাযোগ ঘটে। $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

এই বিচূর্ণ কঠিন ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডকে "কলিচুন" (Slaked-lime) বলা হয়।

কলিচুন একটি তীব্রক্ষার বটে, কিন্তু জলে বিশেষ দ্রবীভূত হয় না। সুতরাং কলিচুন যদি অতিরিক্ত পরিমাণ জলের সহিত মিশাইয়া রাখা হয়, তবে চুন নীচে থিতাইয়া যায় এবং তাহার উপরে একটি স্বচ্ছ পরিষ্কার ক্যালসিয়াম হাইড্র-ক্সাইডের সম্পৃক্ত দ্রবণ পাওয়া যায়। এই স্বচ্ছ দ্রবণটিকে সাধারণতঃ "চুনের জল" (Lime-water) বলা হয়।

কলিচুন যদি সামান্য পরিমাণ জলের সহিত মিশ্রিত করা হয় তবে উহা জলে ভাসমান বা প্রলম্বিত অবস্থায় থাকিয়া দুধের মত সাদা একটি মিশ্রণের সৃষ্টি করে, উহাকে "চুন-গোলা" (Milk of lime) বলে।

কলিচুন কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস শোষণ করে এবং উহার দ্বারা ক্যালসিয়াম কার্বনেটে পরিণত হইয়া যায়।



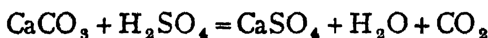
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

চুন ও কলিচুনের ব্যবহার—চুন নানারকম কাজে লাগে। তন্মধ্যে অধিকাংশ চুন বায় হয় কলিচুন প্রস্তুতিতে। নিরুদক রূপে এবং ধাতু-নিষ্কাশনে বিগালক রূপে চুন ব্যবহৃত হয়। "লাইমলাইট"—ভাস্বর আলো সৃষ্টিতে চুন প্রয়োজন হয়।

ইট বা পাথরের গাঁথনির মশলাতে যথেষ্ট কলিচুন ব্যবহৃত হয়। চুনকামের জন্যও কলিচুন প্রয়োজন। সিমেণ্ট, কাচ, কংক্রীট, বিরঞ্জক, কস্টিক সোডা, ক্যালসিয়াম কার্বাইড প্রভৃতির প্রস্তুতিতে কলিচুন অপরিহার্য। বীজবারক হিসাবে এবং জমির সার হিসাবেও কলিচুন ব্যবহৃত হয়।

গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত চুন মিশ্রিত করিয়া বিশুদ্ধ করিলে যে মিশ্র-পদার্থটি পাওয়া যায় তাহাকে সোডা-লাইম (Soda-lime) বলা হয়, রাসায়নিক বিশ্লেষণে উহা ব্যবহৃত হয়।

২৮-৪। ক্যালসিয়াম সালফেট, $CaSO_4$: প্রকৃতিতে জিপসাম, $CaSO_4, 2H_2O$ এবং অ্যানহাইড্রাইট, $CaSO_4$—এই দুইরকম ক্যালসিয়াম সালফেট দেখা যায়। ল্যাবরেটরীতে চুন বা চকের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার সাহায্যে ক্যালসিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়।



$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

জিপসাম সাদা স্ফটিকাকার পদার্থ, উহা জলে অনতিদ্রবণীয়। উহাকে প্রায় ২০০° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় তাপিত করিলে উহার সমস্ত জল বাষ্পীভূত হইয়া যায় এবং অনার্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেট পড়িয়া থাকে।

প্যারিস-প্লাস্টার—যদি জিপসামকে ১১০°-১২০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় তাপিত করা হয় তবে উহার জল আংশিক দূরীভূত হয় এবং $(CaSO_4)_2, H_2O$ এইরূপ পদার্থে পরিণত হয়।



$$2[CaSO_4, 2H_2O] = (CaSO_4)_2, H_2O + 3H_2O$$

ইহাকে প্যারিস-প্লাস্টার বলে। ইহার প্রধান গুণ এই যে ইহা সাধারণ উষ্ণতায় সহজেই জল আকর্ষণ বা শোষণ করিয়া কঠিন সিমেন্টের মত অনমনীয় সাদা জিপসামে পরিণত হইয়া যায়। এই জন্য ঢালাইয়ের কাজে, ভাস্কর্যে, যন্ত্র-চিকিৎসকের ব্যাণ্ডেজে এবং সিমেণ্ট হিসাবে ইহার বহুল ব্যবহার দেখা যায়। জিপসাম নিরুদিত করার সময় যেন উহা কোন বিজারক গ্যাসের সংস্পর্শে না আসে তাহা লক্ষ্য রাখিতে হইবে, কারণ তাহা হইলে ক্যালসিয়াম সালফেট বিজারিত হইয়া ক্যালসিয়াম সালফাইডে রূপান্তরিত হইয়া যাইবে।

প্যারিস-প্লাস্টার প্রস্তুত করা ছাড়াও অন্যান্য কাজে জিপসাম ব্যবহৃত হয়। জমিতে সার হিসাবে, কাগজ শিল্পের পরিপূরক (Filler) রূপে, সাধারণ চক পেন্সিল হিসাবে যথেষ্ট জিপসাম ব্যবহার করা হয়।

ঊনত্রিংশ অধ্যায়

অ্যালুমিনিয়াম

চিহ্ন, Al। পারমাণবিক গুরুত্ব, ২৬.৯৭। ক্রমাঙ্ক, ১৩।

অ্যালুমিনিয়াম মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে থাকে না সত্য, কিন্তু উহার বহুরকমের যৌগ প্রচুর পরিমাণে পৃথিবীতে পাওয়া যায়। বস্তুতঃ, সমস্ত ধাতুর ভিতর অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণই ভূপৃষ্ঠে সর্বাধিক। উহার অধিকাংশই সিলিকেট হিসাবে মাটিতে বা মাটিপাথরে থাকে। অ্যালুমিনিয়ামের কয়েকটি বিশেষ খনিজের নাম এখানে উল্লিখিত হইল :—

(১) অক্সাইড : (ক) বক্সাইট (Bauxite), $Al_2O_3, 2H_2O$
(খ) জিবসাইট (Gibbsite), $Al_2O_3, 3H_2O$

(২) ফ্লোরাইড : ক্রায়োলাইট (Cryolite), Na_3AlF_6

(৩) সালফেট : অ্যালুনাইট (Alunite), $Al_2(SO_4)_3, K_2SO_4, 4Al(OH)_3$

(৪) সিলিকেট : (ক) ফেল্ডস্পার (Feldspar), $KAlSi_3O_8$
(খ) ক্যাওলিন (Kaolin), $H_4Al_2Si_2O_9$ ইত্যাদি।

বর্তমানে অবশ্য প্রচুর অ্যালুমিনিয়াম ধাতু প্রস্তুত করা হয় এবং নানা কাজে ব্যবহৃত হয়। কিন্তু উহার উৎপাদনপ্রণালী খুব বেশীদিনের পুরাতন নয়। পৃথিবীর অধিকাংশ অ্যালুমিনিয়ামই সিলিকেট অবস্থায় থাকে এবং অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট হইতে ধাতুটি উৎপাদন করা খুবই কষ্টকর এবং ব্যয়সাধ্য। অ্যালুমিনিয়ামের আর একটি প্রশস্ত আকরিক বক্সাইট, উহাতে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড থাকে। কিন্তু অধিক উষ্ণতাতেও কার্বন দ্বারা উহাকে সহজে বিজারিত করা যায় না। ইহা ছাড়া, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে উহা ভাস্বর হইয়া উঠে, গলে না এবং উহা বিদ্যুৎ-অপরিবাহী। এইজন্য সোজাসুজি অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণও সম্ভব হয় না। এই সকল অসুবিধার জন্য বহুদিন পর্যন্ত অ্যালুমিনিয়াম ধাতু মোটেই সহজলভ্য ছিল না।

১৮৮৬ সালে হল (Hall) এবং হেরেঁা (Heroult) উভয়েই দেখিতে পান যে বক্সাইট গলে না এবং বিদ্যুৎ-পরিবাহীও নয়, কিন্তু বক্সাইট গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত হয় এবং এই দ্রবণের যথেষ্ট বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা আছে। গলিত ক্রায়োলাইটে বক্সাইট দ্রবীভূত করিয়া যদি উহাতে বিদ্যুৎ-প্রবাহ দেওয়া যায় তাহা হইলে বক্সাইট বিযোজিত হইয়া যায় এবং ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়। এই আবিষ্কারের ফলেই প্রচুর পরিমাণে অ্যালুমিনিযাম প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে।

২৯-১। অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতিঃ বর্তমানে সমস্ত অ্যালুমিনিয়ামই বক্সাইট হইতে তড়িৎবিশ্লেষণ দ্বারা প্রস্তুত করা হয়। বক্সাইটের ভিতর অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সাধারণতঃ ৫০-৬০% ভাগ মাত্র থাকে। ইহার সহিত প্রধানতঃ আয়রন অক্সাইড (Fe_2O_3) ও সিলিকা (SiO_2) মিশ্রিত থাকে। তড়িৎ-বিশ্লেষণ করার পূর্বে বক্সাইট হইতে বিশুদ্ধতর অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা (Al_2O_3) তৈয়ারী করিয়া লওয়া প্রয়োজন। বিশুদ্ধ অ্যালুমিনাকে অতঃপর গলিত ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষিত করা হয়। প্রয়োজন-বোধে উৎপন্ন অ্যালুমিনিযামের পুনরায় তড়িৎ-বিশোধন [Electro-refining] করা হয় :—

অ্যালুমিনিয়ামের উৎপাদন-পদ্ধতিটি এইভাবে তিনটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে সম্পাদিত হয় :—

(১) বক্সাইট হইতে শুদ্ধতর অ্যালুমিনা প্রস্তুতি,

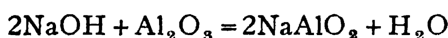
(২) অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ, এবং

(৩) উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন।

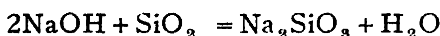
এই প্রক্রিয়াগুলির জন্য অ্যালুমিনিয়াম-উৎপাদন-শিল্পে নিম্নলিখিত উপাদান-সমূহ প্রয়োজন হয় :—

(১) বক্সাইট (Al_2O_3, $2H_2O$), (২) কস্টিক সোডা বা সোডিয়াম কার্বনেট, (৩) ক্রায়োলাইট (Na_3AlF_6), (৪) ফ্লুয়োস্পার (CaF_2), (৫) কোক (কার্বন)।

(১) **বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা প্রস্তুতি**—আজকাল সাধারণতঃ যে সকল বক্সাইটে সিলিকার পরিমাণ কম তাহাই ব্যবহৃত হয়। বিচূর্ণ অবস্থায় বক্সাইটকে একটি অটোক্লেভে (autoclave) প্রায় ছয় অ্যাটমস্‌ফিয়ার চাপ এবং ১৫০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গাঢ় কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে সমস্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড কস্টিক সোডার সহিত বিক্রিয়ার ফলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হয় এবং দ্রবীভূত হইয়া যায়। খানিকটা সিলিকাও সোডিয়াম সিলিকেট রূপে দ্রবীভূত হয়। কিন্তু আয়রন অক্সাইডের কোন পরিবর্তন হয় না।

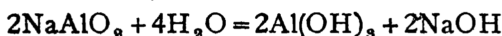


$$2NaOH + Al_2O_3 = 2NaAlO_2 + H_2O$$



$$2NaOH + SiO_2 = Na_2SiO_3 + H_2O$$

সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ইত্যাদির দ্রবণটিতে কিছু জল মিশাইয়া উহাকে লঘু করিয়া, অদ্রবণীয় Fe_2O_3 হইতে ছাঁকিয়া লওয়া হয়। অতঃপর দ্রবণটিতে অল্প-পরিমাণ সদ্য-প্রস্তুত β-অ্যালুমিনা [$Al(OH)_3$] দেওয়া হয় এবং সমস্ত দ্রবণটি দ্রুত আলোড়িত করা হয়। এই প্রক্রিয়াতে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া যায় এবং সমস্ত অ্যালুমিনিয়ামটুকু অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হইয়া পড়ে। অধঃক্ষেপটি ছাঁকিয়া লইয়া বিশুষ্ক করা হয় এবং পরে অতিরিক্ত উত্তাপে দহন করা হয় (ignited)। জল বিদূরিত হইয়া উহা শুদ্ধতর অ্যালুমিনাতে পরিণত হয়।



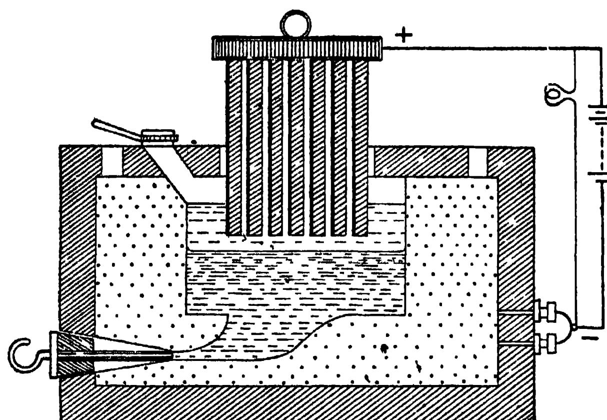
$$2NaAlO_2 + 4H_2O = 2Al(OH)_3 + 2NaOH$$



$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

(২) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ**—অতঃপর ইস্পাতের তৈয়ারী ছোট ছোট লোহার ট্যাঙ্কে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ করা হয়। ট্যাঙ্কের অভ্যন্তরে উহার দেওয়াল ও মেঝে প্রায় ১′ ফুট পুরু গ্র্যাফাইট কার্বন দ্বারা আবৃত থাকে। এই গ্র্যাফাইটই তড়িৎ-বিশ্লেষণের ক্যাথোডের কাজ করে। আর এক সারি গ্র্যাফাইট

দণ্ড উপর হইতে ট্যাঙ্কের মধ্যে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। ইহারা অ্যানোড হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ট্যাঙ্কের ভিতরে বিচূর্ণ ক্রায়োলাইট লইয়া বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গের

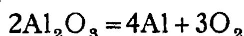


চিত্র ২৯ক—অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতি

সাহায্যে উহাকে গলান হয় এবং তৎপর গলিত ক্রায়োলাইটের ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহ যাইতে থাকে। এইভাবে উহাকে তরলিত অবস্থায় প্রায় ৯০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় রাখা হয়। অতঃপর গলিত ক্রায়োলাইটে অ্যালুমিনা-চূর্ণ দেওয়া হয়। উহা দ্রবীভূত হইয়া যায়। ইহার সহিত অল্প পরিমাণে ফ্লুয়োস্পারও দেওয়া হয়। ফ্লুয়োস্পার দিলে মিশ্রণটির সান্দ্রতা কমিয়া তরলতা বৃদ্ধি পায়। মিশ্রণটিতে উপাদানগুলির অনুপাত—ক্রায়োলাইট : অ্যালুমিনা : ফ্লুয়োস্পার = ৮০ : ২০ : ৭। অ্যানোড ও ক্যাথোড যথারীতি ব্যাটারীর সহিত জুড়িয়া দিলে বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত হয় এবং ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম সঞ্চিত হয়। তরল অবস্থায় উহা গলিত ক্রায়োলাইটের নীচে জমিতে থাকে এবং প্রয়োজনমত নীচের দিকের একটি নির্গম-নল সাহায্যে বাহির করিয়া লওয়া হয়। বিশ্লেষণের ফলে অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং সেল হইতে বাহির হইয়া যায়। অধিক উষ্ণতার জন্য এই অক্সিজেন অ্যানোডের গ্র্যাফাইটকেও আক্রমণ করে। অ্যানোডের অপচয় নিবারণের জন্য গলিত ক্রায়োলাইটের উপর বিচূর্ণ কোক ছড়াইয়া দেওয়া হয়। ইহার ফলে অ্যানোডের পরিবর্তে অক্সিজেনে কোকচূর্ণই জ্বলে। তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফলে ক্রমশঃ অ্যালুমিনার পরিমাণ কমিয়া

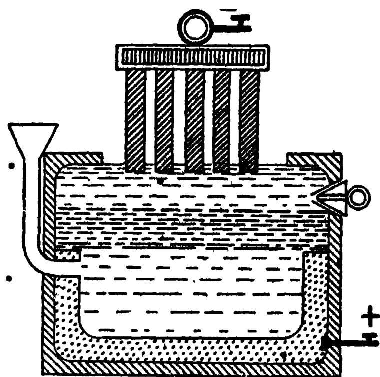
আসিতে থাকে এবং গলিত মিশ্রণটির বিদ্যুৎ-পরিবাহিতাও কমিয়া যায়। ব্যাটারীর সহিত এই সেল যুক্ত করার সময় খানিকটা বিদ্যুৎ-প্রবাহ একটি বালবের ভিতর দিয়া যাওয়ার ব্যবস্থা করা হয়। যখন ক্রায়োলাইট-মিশ্রণের বিদ্যুৎবাহিতা কমিয়া যায় তখন অধিকতর বিদ্যুৎ-প্রবাহ বালবের ভিতর দিয়া গিয়া উহাকে প্রজ্বলিত করিয়া দেয়। ইহা ট্যাঙ্কের ভিতরের বিক্রিয়ার সমাপ্তি নির্দেশ করে। তখন আরও অ্যালুমিনা-চূর্ণ দেওয়া হয় এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণটি অবিরাম চলিতে থাকে। (চিত্র ২৯ক)।

বিশ্লেষণের ফলে ফ্লুয়োস্পার বা ক্রায়োলাইটের কোন রূপান্তর ঘটে না, কিন্তু অ্যালুমিনা বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন ও অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন হয়।



$$2Al_2O_3 = 4Al + 3O_2$$

(৩) **অ্যালুমিনিয়ামের তড়িৎ-বিশোধন** [হুপ-পদ্ধতি, **Hoope's Process**]—বক্সাইটের তড়িৎ-বিশ্লেষণে যে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়, উহা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ নহে। এইজন্য উহাকে বিশোধিত করা হয়। উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম গলিত অবস্থাতেই আর একটি সেলে লইয়া যাওয়া হয়। এই সেলে NaF, BaF_2 এবং AlF_3-এর একটি মিশ্রণ গলিত অবস্থায় থাকে। উহার উপরে কয়েকটি গ্র্যাফাইট দণ্ড ক্যাথোড হিসাবে রাখা হয় এবং নীচে অবিশুদ্ধ গলিত অ্যালুমিনিয়াম অ্যানোডের কাজ করে। বিদ্যুৎ-প্রবাহ পরিচালিত করিলে অ্যানোড হইতে অ্যালুমিনিয়াম আয়নিত হইয়া দ্রবীভূত হইতে থাকে এবং সম-পরিমাণ বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম মিশ্রণ হইতে ক্যাথোডে উৎপন্ন হয়। ক্যাথোড হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম সংগ্রহ করা হয়।

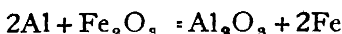


চিত্র ২৯খ—হুপ-পদ্ধতিতে অ্যালুমিনিয়াম বিশোধন

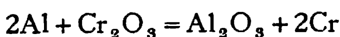
২৯-২। অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম—(ক) অ্যালুমিনিয়ামের রং সাদা কিন্তু উহার একটি ঈষৎ-নীলাভ দ্যুতি আছে। ধাতুটি অত্যন্ত হাল্‌কা,

ইহার ঘনত্ব মাত্র ২'৭। অ্যালুমিনিয়াম ৬৫৮° সেন্টিগ্রেডে গলে। অ্যালুমিনিয়ামের ঘাতসহতা, প্রসার্যতা ও বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য।

(খ) শুষ্ক বাতাসে ধাতুটির কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে অ্যালুমিনিয়ামের উপর একটি খুব পাতলা অক্সাইডের আবরণ পড়ে। সাধারণ অবস্থায় বাতাস ও অক্সিজেন দ্বারা আক্রান্ত না হইলেও, অধিকতর উষ্ণতায় অ্যালুমিনিয়াম অক্সিজেন দ্বারা খুব সহজেই জারিত হয়। এমন কি, উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যালুমিনিয়ামের অক্সিজেন-আসক্তি এত বেশী যে উহা অন্যান্য ধাতব অক্সাইডকেও বিজারিত করিয়া দেয়। যথা :—



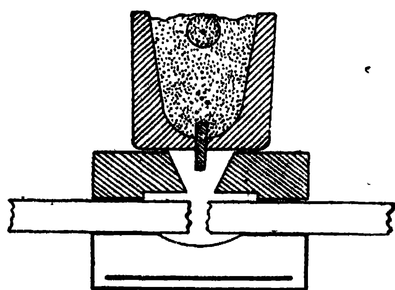
$$2Al + Fe_2O_3 = Al_2O_3 + 2Fe$$



$$2Al + Cr_2O_3 = Al_2O_3 + 2Cr$$

এইভাবে ধাতব অক্সাইডকে অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণের সহিত উত্তপ্ত করিয়া কোন কোন ধাতু নিষ্কাশণ করা হয়। এই প্রণালীকে থারমাইট পদ্ধতি [Thermite Process] বলে।

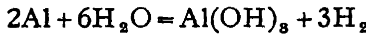
(গ) **থারমাইট পদ্ধতি**—অগ্নিসহ-মৃত্তিকায় তৈয়ারী একটি খর্পরে ধাতব অক্সাইড (Fe_2O_3) ও অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণের মিশ্রণ লওয়া হয়। মিশ্রণের উপরে মধ্যস্থলে একটুখানি $KClO_3$, BaO_2 (জারক দ্রব্য) ও ম্যাগনেসিয়াম রাখিয়া তাহাতে আগুন ধরাইয়া দেওয়া হয়। ম্যাগনেসিয়াম জ্বলিয়া মিশ্রণটিকে অত্যন্ত তাপিত করিয়া দেয়। ফলে উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম বিস্ফোরণ সহকারে অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া ধাতুতে পরিণত করে। যথেষ্ট উষ্ণতা থাকার জন্য উৎপন্ন ধাতু (লৌহ) গলিত অবস্থায় খর্পরের নীচে জড় হয় এবং একটি ছিদ্রপথে বাহির হইতে থাকে। কোন ভাঙা যন্ত্র বা রেল প্রভৃতি নির্দিষ্ট স্থানে রাখিয়াই উহাকে গলিত ধাতু দ্বারা এইভাবে মেরামত করা সম্ভব। (চিত্র ২৯গ)।



চিত্র ২৯গ—থারমাইট পদ্ধতি

(ঘ) অ্যালুমিনিয়াম সাধারণ অবস্থায় জলের সহিত কোন ক্রিয়া করে না।

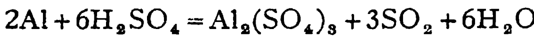
কিন্তু পারদ-সহযোগে জলে দিলে উহা একটি বৈদ্যুতিক সেলে পরিণত হয় এবং সেই অবস্থায় সহজেই জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে :—



$$2Al + 6H_2O = Al(OH)_3 + 3H_2$$

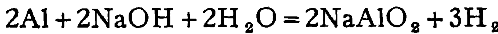
(ঙ) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যালুমিনিয়াম বিক্রিয়া করে ও হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়, কিন্তু লঘু নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উহার কোন বিক্রিয়া ঘটে না। $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$

(চ) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত করিলে, উহা হইতে সালফার-ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায় :—



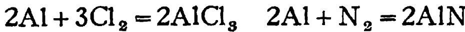
$$2Al + 6H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3SO_2 + 6H_2O$$

(ছ) গাঢ় কস্টিক সোডা বা পটাস দ্রবণের সহিত অ্যালুমিনিয়াম তাপিত করিলে হাইড্রোজেন এবং অ্যালুমিনেট লবণ পাওয়া যায়।



$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

(জ) হ্যালোজেন দ্বারা অ্যালুমিনিয়াম সোজাসুজি আক্রান্ত হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাসে অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত করিলে উহার নাইট্রাইড পাওয়া যায়।



$$2Al + 3Cl_2 = 2AlCl_3 \quad 2Al + N_2 = 2AlN$$

অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার—বর্তমান যুগে নানারকম প্রয়োজনে প্রচুর অ্যালুমিনিয়াম ব্যবহৃত হয়। উহার কয়েকটি ব্যবহার এখানে উল্লেখ করা হইল :—

(১) এরোপ্লেন ইত্যাদি প্রস্তুতিতে, (২) বৈদ্যুতিক "ক্যাবল" (Cable) হিসাবে, (৩) পুল, সিঁড়ি প্রভৃতির নির্মাণকার্যে, (৪) বাসনপত্র, চেয়ার, বাক্স ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে, (৫) রঙ হিসাবে (অ্যালুমিনিয়াম-চূর্ণ ও তিসির তৈল), (৬) থারমাইট বোমা, অ্যামোন্যাল (Ammonal, $Al + NH_4NO_3$) প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে ; ইত্যাদি। সামান্য Mg, Mn এবং Cu মিশ্রিত অ্যালুমিনিয়ামের ধাতুসঙ্করকে "ডিউর‍্যালুমিন" (Duralumin) বলে। এরোপ্লেন প্রস্তুতিতে ইহা বহুল ব্যবহৃত।

২৯-৩। অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, $Al_2(SO_4)_3$: বক্সাইটের উপর লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ার সাহায্যে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়। উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম সালফেট দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। দ্রবণটি ছাঁকিয়া লইয়া গাঢ় করিলে উহা হইতে $Al_2(SO_4)_3$, $18H_2O$ কেলাসিত হয়। $Al_2O_3 + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$

ক্যাওলিন গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত দীর্ঘকাল ফুটাইলে অ্যালুমিনিয়াম সালফেট পাওয়া যায় :—

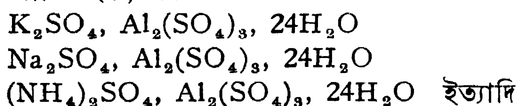


$$Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 5H_2O + 2SiO_2$$

অ্যালুমিনিয়াম সালফেট জলে দ্রবণীয়। উহা নানারকম সালফেটের সহিত যুক্ত হইয়া দ্বিধাতুক লবণ উৎপাদন করিতে পারে।

জল পরিষ্করণে এবং রঞ্জনশিল্পে রাগবন্ধক (mordant) রূপে ইহা প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

২৯-৪। অ্যালাম বা ফটকিরি (Alums)ঃ অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের সহিত একযোজী ধাতুর সালফেট-সমূহ একত্র হইয়া দ্বিধাতুক লবণ উৎপন্ন করে এবং এই সকল যুগ্ম-সালফেট লবণগুলি সর্বদা ২৪টি জলের অণু সহ স্ফটিকাকারে কেলাসিত হয়; যথা ঃ—

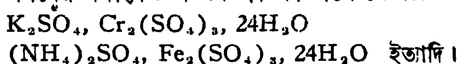


$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$

$Na_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$

$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$ ইত্যাদি

অর্থাৎ, এই সকল দ্বিধাতুক সালফেট স্ফটিকের সঙ্কেত $R_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$ দেওয়া যাইতে পারে। 'R' এখানে যে কোন একযোজী ধাতুর অণু বা 'NH_4' যৌগমূলক হইতে পারে। এই সমস্ত দ্বিধাতুক লবণের সঙ্কেতই শুধু একরকম নয়, উহারা আবার সর্বদাই ২৪টি জলের অণু সহ কেলাসিত হয় এবং এই দ্বিধাতুক লবণ-সমূহ সমাকৃতি-সম্পন্ন (isomorphous)। এমন কি, যদি $Al_2(SO_4)_3$,-এর পরিবর্তে অন্য কোন ত্রিযোজী ধাতুর সালফেট একযোজী ধাতুর সালফেট সহ যুগ্ম-লবণ উৎপাদন করে, উহাও ২৪টি জলের অণু সহ পূর্বোক্ত লবণের সমাকৃতি-সম্পন্ন স্ফটিকাকারে কেলাসিত হয়। যথা ঃ—



$K_2SO_4, Cr_2(SO_4)_3, 24H_2O$

$(NH_4)_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$ ইত্যাদি।

এইরূপ একযোজী এবং ত্রিযোজী দুইটি ধাতুর সালফেট মিলিয়া যখন ২৪টি জলের অণু সহ দ্বিধাতুক লবণ হিসাবে কেলাসিত হয়, উহাকে অ্যালাম বা ফটকিরি বলা হয়। সাধারণ ফটকিরি বলিতে পটাসিয়াম অ্যালুমিনিয়াম সালফেট বুঝায়, $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$।

এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন, দ্বিযোজী বা অন্য কোন যোজ্যতাসম্পন্ন ধাতুর সালফেটের সহিত যদি কোন দ্বিধাতুক লবণ উৎপন্ন হয়, তবে উহারা ফটকিরির সহিত সমাকৃতি-সম্পন্ন হয় না এবং উহাদের আসল ফটকিরি বলিয়া ধরা হয় না। উহাদের স্ফটিকে ২৪টি জলের অণু থাকিতেও পারে, নাও পারে; যথা ঃ—$MnSO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$

$FeSO_4, (NH_4)_2SO_4, 6H_2O$ (ম্যর লবণ, Mohr Salt)।

পটাস-অ্যালাম (সাধারণ ফটকিরি), পটাসিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$:

অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের দ্রবণে প্রয়োজনানুসারে পটাসিয়াম সালফেট মিশ্রিত করিয়া লইয়া মিশ্রণটি গাঢ় করা হয়। শীতলাবস্থায় উহা হইতে দ্বিধাতুক সালফেট লবণ কেলাসিত হয়। এই অ্যালুমিনিয়াম সালফেট প্রকৃতিজাত বক্সাইট বা অ্যালুনাইট খনিজ হইতে প্রথমে তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়।

রঞ্জনশিল্প, চামড়া প্রস্তুতি, জল পরিষ্করণ ও ঔষধে ইহা প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

নদী বা পুষ্করিণীর জল হইতে প্রলম্বিত বালু-মাটি প্রভৃতি সহজে থিতাইয়া লওয়ার জন্য ফটকিরি ব্যবহার করা হয়।

রঞ্জনশিল্পে সব রঙ সুতার উপর স্থায়ী হয় না—রঙের স্থায়িত্ব প্রদান করিতে হইলে বস্ত্র বা সুতাকে প্রথমে অ্যালাম বা অন্য কোন অ্যালুমিনিয়াম লবণের দ্রবণে সিক্ত করিয়া লওয়া হয়। তারপর উহাতে সোডার লঘু দ্রবণ বা স্টীম দিলে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড সুতার অভ্যন্তরে উৎপন্ন হয়। অতঃপর বস্ত্র বা সুতা রঙের ভিতর দিলে রঙটি অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত যুক্ত হইয়া পাকা রঙে পরিণত হয়। এই প্রণালীকে সচরাচর "মর্ডান্টিং" (mordanting) বা রাগবন্ধন বলা হয়।

ত্রিংশ অধ্যায়

জিঙ্ক

জিঙ্ক (দস্তা)

চিহ্ন, Zn   পারমাণবিক গুরুত্ব ৬৫·৩৮   ক্রমাঙ্ক, ৩০।

প্রকৃতিতে জিঙ্ক মৌলাবস্থায় থাকে না। সমস্ত জিঙ্কই যৌগরূপে পাওয়া যায়। উহার কয়েকটি প্রধান আকরিকের নাম :—

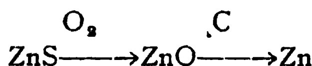
(১) জিঙ্ক-ব্লেণ্ড (Zinc Blende), ZnS

(২) জিঙ্কাইট (Zincite), ZnO; ফ্র্যাঙ্কলিনাইট (Franklinite), ZnO, Fe_2O_3

(৩) ক্যালামাইন (Calamine), $ZnCO_3$

৩০-১। জিঙ্ক—উহার সালফাইড আকরিক (জিঙ্ক-ব্লেণ্ড) হইতেই প্রায় সমস্ত জিঙ্ক উৎপাদন করা হয়। জিঙ্ক-ব্লেণ্ডকে প্রথমে তাপ-জারিত করিয়া জিঙ্ক-অক্সাইডে পরিণত করা হয় এবং পরে অধিকতর উষ্ণতায় জিঙ্ক-অক্সাইডকে

কার্বনের সাহায্যে বিজারিত করিলে জিঙ্ক-ধাতু পাওয়া যায়। সাধারণতঃ সমস্ত সালফাইড আকরিক হইতে ধাতু-নিষ্কাশনের ইহাই প্রশস্ত উপায়।



$$ZnS \xrightarrow{O_2} ZnO \xrightarrow{C} Zn$$

অতএব জিঙ্ক প্রস্তুতিতে কাঁচামাল হিসাবে প্রয়োজন :—

(১) জিঙ্ক-ব্লেণ্ড, (২) কোক (কার্বন)।

সমস্ত পদ্ধতিটি মোটামুটি চারিটি প্রক্রিয়াতে বিভক্ত :—

(ক) আকরিকের গাঢ়ীকরণ (concentration)।

(খ) তাপজারণ দ্বারা জিঙ্ক-অক্সাইড উৎপাদন।

(গ) অক্সাইডের বিজারণ দ্বারা ধাতু উৎপাদন।

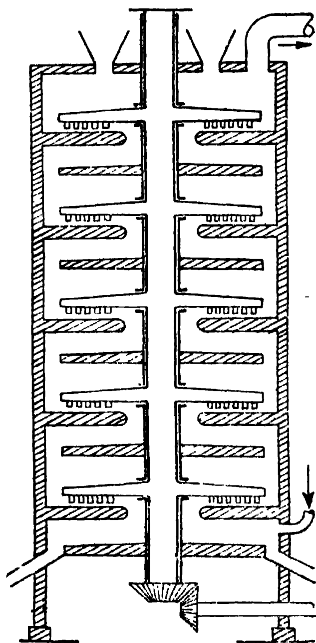
(ঘ) উৎপন্ন জিঙ্কের তড়িৎ-বিশোধন।

(১) **গাঢ়ীকরণ**—জিঙ্ক-ব্লেণ্ডের ভিতর জিঙ্ক-সালফাইড ছাড়া আরও অনেক আবর্জনা মিশ্রিত থাকে। এই সকল অপদ্রব্য প্রথমে যথাসম্ভব দূরীভূত করিয়া লওয়া হয়। এই উদ্দেশ্যে খনিজটিকে চূর্ণ করিয়া জল ও অল্প পরিমাণ তেলের সহিত মিশ্রিত করা হয়। এই মিশ্রণের ভিতর দিয়া বায়ু পরিচালিত করিলে, তেল-জলের উত্তমরূপ সংমিশ্রণের ফলে উহার উপরে ফেনা উৎপন্ন হয়। সালফাইড-চূর্ণ এই ফেনাতে ভাসিয়া ওঠে, কিন্তু মাটি, বালু প্রভৃতি অন্যান্য অপদ্রব্য জলের নীচে থিতাইয়া যায়। উপরের ফেনা হইতে সালফাইড সংগ্রহ করা হয়। সাধারণতঃ পাইন তেল এই কাজে ব্যবহৃত হয়, উহার সঙ্গে কখনও জ্যান্থেট (Xanthate)-যৌগও দেওয়া হয়।

(২) **তাপ-জারণ (Roasting)**—গাঢ় জিঙ্ক-ব্লেণ্ডকে অতঃপর বায়ুপ্রবাহে তাপিত করিয়া জিঙ্ক-অক্সাইডে পরিণত করা হয়। এই প্রক্রিয়াটি সাধারণতঃ একটি হেরেসফ চুল্লীতে সম্পাদিত হয়।

৩০-ক চিত্র হইতে হেরেসফ চুল্লীর একটি মোটামুটি আভাস পাওয়া যাইবে। চুল্লীটি একটি উঁচু গোলাকার ড্রামের মত। ইস্পাতের তৈয়ারী হইলেও উহার দেওয়ালের অভ্যন্তর অগ্নিসহ-ইষ্টকের দ্বারা আবৃত। চুল্লীর ভিতরে অনেকগুলি অগ্নিসহ-ইটের তৈয়ারী তাক আছে। চুল্লীর উপরে দুইটি প্রবেশ-দ্বার আছে। ইহাদের ভিতর দিয়া গাঢ় জিঙ্ক-ব্লেণ্ড চুল্লীর মধ্যে দেওয়া হয়। চুল্লীটির ঠিক

মধ্যস্থলে একটি খাড়া দণ্ড আছে। এই দণ্ড হইতে বাহুর অনুরূপ অনেক আলোড়ক বাহির হইয়াছে। মধ্যস্থিত দণ্ডটি বাহির হইতে সর্বদা আস্তে আস্তে ঘুরান হয়। ফলে আলোড়ক-বাহুগুলি বিভিন্ন তাকের জিঙ্ক-সালফাইডকে ধীরে ধীরে উপর হইতে নীচের দিকে পরিচালিত করিয়া দেয়। চুল্লীর নীচের দিকে একটি নলের সাহায্যে উহার ভিতরে উত্তপ্ত বায়ু-প্রবাহ পরিচালিত করা হয়। এই উত্তপ্ত বায়ুর দ্বারা জিঙ্ক-সালফাইড জারিত হইয়া জিঙ্ক-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং চুল্লীর নীচে আসিয়া সঞ্চিত হয়। $2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$

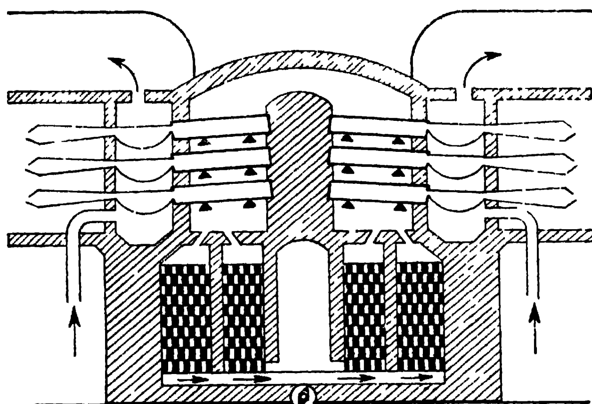


চিত্র ৩০ক—হেরেসফ চুল্লী

(৩) **জিঙ্ক-অক্সাইডের বিজারণ**—অতঃপর জিঙ্ক-অক্সাইডের সহিত উহার এক-চতুর্থাংশ পরিমাণ ওজনের বিচূর্ণ কোক মিশ্রিত করিয়া উহাকে ছোট ছোট বকযন্ত্রে তাপিত করা হয়। জিঙ্ক-অক্সাইড বিজারিত হইয়া জিঙ্ক-ধাতুতে পরিণত হয়। $ZnO + C = Zn + CO$

একটি বিশেষ রকমের চুল্লীতে এই প্রক্রিয়াটি সম্পন্ন করা হয়। প্রত্যেকটি চুল্লীতে অগ্নিসহ মৃত্তিকার তৈয়ারী ছোট ছোট প্রায় ষাটটি বকযন্ত্রে জিঙ্ক-অক্সাইড ও কোকের মিশ্রণ লওয়া হয়। এক একটি বকযন্ত্রে প্রায় আধমণ মিশ্রণ থাকে। চুল্লীর ভিতরে এই মাটির বকযন্ত্রগুলি উপর হইতে নীচে তিনটি সারিতে এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে প্রত্যেকটি বকযন্ত্রের মুখের দিকটি সামান্য ঢালু অবস্থায় চুল্লীর বাহিরের দিকে থাকে। সমস্ত চুল্লীটি আবৃত থাকে এবং নীচ হইতে গ্যাস-জ্বালানীর সাহায্যে বকযন্ত্রগুলিকে প্রায় ১২০০° সেন্টিগ্রেডে তাপিত করা হয়। বকযন্ত্রের মুখে মাটির তৈয়ারী একটি গ্রাহক সংলগ্ন থাকে এবং উহার সহিত আর একটি লোহার তৈয়ারী শীতক-নল জুড়িয়া দেওয়া হয়। উত্তাপে

কার্বনদ্বারা জিঙ্ক-অক্সাইড বিজারিত হইয়া কার্বন-মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। এই গ্যাস শীতকের মুখে আসিয়া ঈষৎ-নীলাভ শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। যখন বিজারণ-ক্রিয়া শেষ হইয়া আসে এবং উষ্ণতাও বৃদ্ধি পায়, তখন জিঙ্কও উদ্বায়িত হইয়া আসিয়া উজ্জ্বল সাদা শিখা সহ জ্বলিতে আরম্ভ করে। কার্বন-মনোক্সাইডের শিখা শেষ হইলেই বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়াছে বুঝা যায়। ইতিমধ্যে



চিত্র ৩০খ—জিঙ্ক প্রস্তুতি

অধিকাংশ উৎপন্ন জিঙ্ক পাতিত হইয়া আসিয়া গ্রাহকের ভিতর সঞ্চিত হয়। খানিকটা জিঙ্ক-বাষ্প লোহার শীতকেও ঘনীভূত হয়। শীতকের জিঙ্কের সহিত কিছু জিঙ্ক-অক্সাইডও থাকে—ইহাকে জিঙ্ক-ডাস্ট বা দস্তারজঃ বলে (চিত্র ৩০খ)।

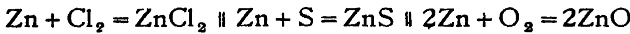
(৪) **জিঙ্কের তড়িৎ-বিশোধন**—উক্ত জিঙ্ক সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ নয়। উহাকে শোধিত করা প্রয়োজন। এইজন্য বিশুদ্ধ জিঙ্ক-সালফেট দ্রবণ ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড তড়িৎ-বিশ্লেষ্য হিসাবে ব্যবহৃত হয়। অবিশুদ্ধ জিঙ্ককে অ্যানোড রূপে এবং অ্যালুমিনিয়ামকে ক্যাথোড রূপে রাখিয়া ঐ দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ দিলে বিশুদ্ধ জিঙ্ক ক্যাথোডে জড় হয়।

৩০-২। জিঙ্কের ধর্ম—জিঙ্ক ঈষৎ-নীলাভ সাদা ধাতু। বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার গায়ে একটি জিঙ্ক-অক্সাইডের প্রলেপ বা স্তর পড়ে। ফলে, সচরাচর উহার ধাতব দ্যুতি দেখা যায় না। সাধারণ উষ্ণতায় এবং ২০০° সেন্টিগ্রেডেরও অধিক উষ্ণতায় জিঙ্ক বেশ শক্ত এবং ভঙ্গুর দেখা যায়। কিন্তু ১০০°-১৫০° উষ্ণতায় উহার ঘাতসহতা ও নমনীয়তা বিশেষ বৃদ্ধি পায় এবং এই

অবস্থায় জিঙ্কের চাদর প্রভৃতি তৈয়ারী করিয়া লওয়া সম্ভব। জিঙ্কের গলনাঙ্ক ৪১৯° সেন্টি, স্ফুটনাঙ্ক ৯০৭° সেন্টি, এবং ঘনত্ব ৭·১৪।

উত্তপ্ত অবস্থায় সাধারণ জিঙ্কের উপর দিয়া স্টীম পরিচালিত করিলে হাইড্রোজেন পাওয়া যায় :—$Zn + 2H_2O = Zn(OH)_2 + H_2$

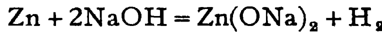
হ্যালোজেন সোজাসুজি জিঙ্ক আক্রমণ করে এবং উত্তপ্ত অবস্থায় অক্সিজেন ও সালফার দ্বারা আক্রান্ত হয়।



$$Zn + Cl_2 = ZnCl_2 \;\|\; Zn + S = ZnS \;\|\; 2Zn + O_2 = 2ZnO$$

জিঙ্ক লঘু অ্যাসিডের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে :— $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

কস্টিক সোডা বা পটাসের দ্রবণ দস্তারজঃ বা বিচূর্ণ-জিঙ্ক সহ ফুটাইলে, জিঙ্কেট-লবণ ও হাইড্রোজেন পাওয়া যায় :—



$$Zn + 2NaOH = Zn(ONa)_2 + H_2$$

জিঙ্কের ব্যবহার—বিভিন্ন বৈদ্যুতিক সেল ও ব্যাটারীতে জিঙ্কের প্রয়োজন হয়। লোহার জিনিস মরিচা হইতে রক্ষা করার নিমিত্ত দস্তা-লিপ্ত করা হয়। এই জন্য ঐ সকল জিনিস গলিত জিঙ্কে ডুবাইয়া লওয়া হয়। ফলে জিনিসের উপর দস্তার একটি প্রলেপ পড়ে। ঘরের "টিন", জলের বালতি প্রভৃতির উপর এইরূপ দস্তার প্রলেপ দেওয়া হয়। ইহাকে "Galvanisation" বলে। অনেক সময় বিচূর্ণ দস্তারজঃ লোহার জিনিসের উপর মাখাইয়া উহাকে চুল্লীতে গরম করা হয়। ফলে, লোহার উপর দস্তার একটি দৃঢ় আবরণের সৃষ্টি হয়; ইহাকে 'Sherardisation" বলে।

ইহা ছাড়া অনেক রকম ধাতুসঙ্কর প্রস্তুতিতে জিঙ্ক ব্যবহৃত হয়। তন্মধ্যে পিতলই প্রধান (Brass)। তামা এবং দস্তার সমন্বয়ে পিতল তৈয়ারী হয়। অনেক মুদ্রাতে জিঙ্ক অন্যতম উপাদানরূপে ব্যবহৃত হয়।

একত্রিংশ অধ্যায়

আয়রন [লৌহ]

চিহ্ন, Fe পাবমাণবিক গুরুত্ব, ৫৫ ৮৫ ক্রমাঙ্ক, ২৬।

পৃথিবীর লৌহভাণ্ডার বিপুল। অ্যালুমিনিযাম ব্যতীত অন্য কোন ধাতুই এত প্রচুর পরিমাণে পৃথিবীতে পাওয়া যায় না। ভূত্বকের ওজনের প্রায় শতকরা ৪·১২ ভাগ লৌহ।

স্বাভাবিক অবস্থায় কিন্তু ধাতুরূপে লৌহ বিশেষ দেখা যায় না। ধাতুময় উল্কাপিণ্ডের ভিতরেই যেটুকু লৌহ পাওয়া যায় কেবল তাহাই মৌলরূপে থাকে। প্রকৃতিলব্ধ অন্যান্য সমস্ত লৌহ-ই যৌগাবস্থায় থাকে। পরিমাণে বেশী হইলেও উহার খনিজ আকরিকের সংখ্যা অধিক নহে। উহার প্রধান আকরিক :—

(১) অক্সাইড : (ক) ম্যাগনেটাইট (Magnetite), Fe_3O_4

(খ) হিমাটাইট বা লোহাপাথর (Hæmatite), Fe_2O_3

কখন কখন ইহা সোদক-অবস্থাতেও থাকে, Fe_2O_3, xH_2O।

(২) কার্বনেট : "স্প্যাথিক লৌহ-খনিজ" (Spathic Iron ore), $FeCO_3$

(৩) সালফাইড : আয়বন-পাইরাইটিস বা লৌহমাক্ষিক (Iron Pyrites), FeS_2.

প্রাণিদেহের রক্তের লাল-কণিকা হিমোগ্লোবিনে এবং উদ্ভিদের সবুজ অংশে লৌহঘটিত যৌগ আছে। জীবদেহ ও গাছপালার পুষ্টির জন্য উহা আবশ্যক।

আমরা সাধারণতঃ যে সমস্ত লোহা বা লোহার জিনিস দেখি, উহারা বিশুদ্ধ লৌহ নয়। সর্বদাই লোহার সহিত সামান্য পরিমাণ কার্বন ও অন্যান্য মৌল মিশ্রিত থাকে। লোহার ধর্ম ও প্রকৃতি মিশ্রিত-কার্বনের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। সুতরাং কার্বনের পরিমাণ অনুযায়ী লৌহকে মোটামুটি তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে :—

(১) **কাস্ট-আয়রন (Cast Iron) বা ঢালাই-লোহা ;**

(২) **স্টীল (Steel) বা ইস্পাত ;**

(৩) **রট-আয়রন (Wrought Iron) বা পেটা-লোহা।**

প্রায় সমস্ত লৌহই উহার অক্সাইড খনিজ ম্যাগনেটাইট ও হিমাটাইট হইতে উৎপাদন করা হয়। কখন কখন কার্বনেট-আকরিক ব্যবহৃত হয়। কিন্তু গন্ধকযুক্ত আকরিকগুলি লৌহ-নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয় না।

খনিজ হইতে প্রথমে যে লৌহ নিষ্কাশিত হয় তাহাই "কাস্ট-আয়রন"। স্টীল ও রট-আয়রন কাস্ট-আয়রন হইতে প্রস্তুত হয়।

৩১-১। কাস্ট-আয়রন প্রস্তুতি—প্রখর তাপে অক্সাইড-খনিজগুলিকে কার্বন ও কার্বন-মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত করিয়া লৌহ-ধাতুতে পরিণত করা হয়। লৌহ-উৎপাদনের ইহাই মূল-কথা। দুইটি প্রক্রিয়ার সাহায্যে এই নিষ্কাশন সম্পাদিত হয়—(১) ভস্মীকরণ এবং (২) বিগলন।

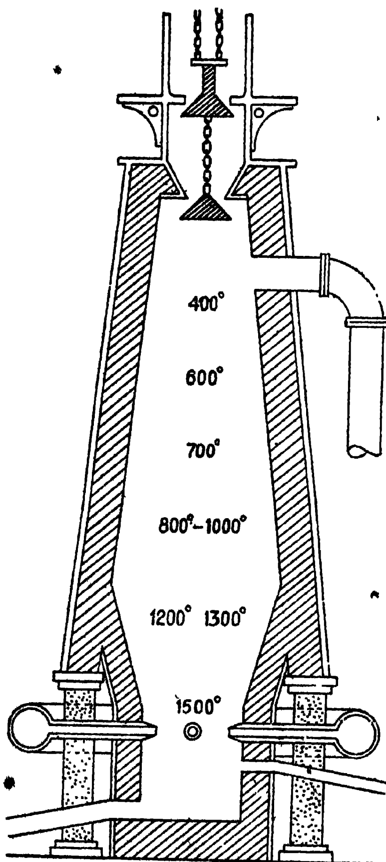
ভস্মীকরণ—একত্র-স্তূপীকৃত খনিজগুলিকে অল্প কয়লা পোড়াইয়া বাতাসের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করা হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে ইহার জন্য বড বড় চুল্লী ব্যবহৃত হয়। তাপিত হওয়ার ফলে আকরিকের সহিত সংশ্লিষ্ট জল এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া যায় এবং খনিজ পাথরগুলি অনেকটা হাল্কা ও ঝাঁঝরা হয়। যদি আকরিকের ভিতর কোন ফেরাস-যৌগ থাকে তাহাও জারিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

বিগলন—অতঃপর ঝাঁঝরা খনিজগুলিকে কোক ও চুনাপাথরের সহিত মিশাইয়া মারুত-চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে খনিজ পদার্থটি বিজারিত হয় এবং গলিত লৌহ নিষ্কাশিত হইয়া আসে।

মারুত-চুল্লী—লৌহ-নিষ্কাশনে ব্যবহৃত মারুত-চুল্লীগুলি আয়তনে খুব বড় এবং দেখিতে চিম্নীর মত। এই চুল্লীগুলি পুরু ইস্পাতের পাত জুড়িয়া তৈয়ারী করা হয়। শতাধিক ফিট উঁচু চুল্লীর সমস্ত অংশের পরিধি সমান নহে, মাঝখানের অংশটি অপেক্ষাকৃত মোটা। এই প্রশস্ত অংশটিকে চুল্লীর 'বস্' (Bosh) বলে। বস্ হইতে চুল্লীটি নীচের দিকে পুনরায় ক্রমশঃ সরু হইয়া যায়। ইস্পাতের ভিতরের দিকে অগ্নি-সহ মৃত্তিকার পুরু একটি আস্তরণ থাকে। চুল্লীর অধোদেশে এবং উহার চতুর্দিকে কয়েকটি শক্ত এবং মোটা নল সংযুক্ত থাকে। এই নলগুলিকে 'টায়ার' (Tuyers) বলে। ইহাদের সাহায্যে চুল্লীর অভ্যন্তরে বায়ু চালিত হয়। টায়ারেরও নীচে চুল্লীর নিম্নতম প্রকোষ্ঠটি থাকে এবং উৎপন্ন লৌহ ও ধাতুমল উহাতে সঞ্চিত হয়। উপাদান-সমূহ প্রবেশ করানোর জন্য চুল্লীর উপরে 'কাপ এণ্ড কোন' (Cup and cone) নামক একটি বিশেষ ব্যবস্থা আছে। ইহার সাহায্যে খনিজ প্রভৃতি দেওয়ার সময় ভিতরের তপ্ত-গ্যাস এই পথে বাহির হইতে পারে না। চুল্লীর গ্যাস-সমূহ যাহাতে বাহির হইতে পারে সেইজন্য উপরের দিকে অপর একটি নির্গম-পথ থাকে। বস্ হইতে আরম্ভ করিয়া চুল্লীর নীচের অংশের চারিদিকে শীতল জলপ্রবাহের ব্যবস্থা করা হয়, যাহাতে প্রখর তাপে চুল্লীটির কোন ক্ষতি না হয়।

ঝাঁঝরা খনিজ, কোক এবং চুনাপাথর ছোট ছোট বিদ্যুৎ-চালিত গাড়ীতে ভরিয়া চুল্লীর উপরে লইয়া যাওয়া হয় এবং 'কাপ এণ্ড কোন' সরঞ্জামের সাহায্যে চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রবেশ করানো হয়। উপাদানগুলি নিম্নোক্ত ওজনের অনুপাতে দেওয়া হয়; খনিজ : কোক : চুনাপাথর = ৫ : ২ : ১। এই পদার্থগুলি এমন ভাবে দেওয়া হয় যাহাতে চুল্লীর প্রায় $\frac{৪}{৫}$ অংশ সব সময়েই ভরা থাকে। সঙ্গে

সঙ্গে টায়ারের সাহায্যে উত্তপ্ত শুষ্ক বায়ু প্রচুর পরিমাণে চুল্লীর অধোদেশে প্রবেশ করানো হয়। প্রায় দুই অ্যাটমসফিয়ার চাপে এবং ৭০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এই বাতাস প্রবেশ করে। উত্তপ্ত বায়ুর সাহায্যে কোক প্রজ্বলিত হইয়া কার্বন-মনোক্সাইডে পরিণত হয় এবং প্রচুর উত্তাপের সৃষ্টি করে। ফলে, অভ্যন্তরস্থ পদার্থগুলি অত্যন্ত তাপিত হইয়া উঠে চুল্লীর সর্বত্র উষ্ণতা সমান থাকে না। 'বস' এবং উহার নিম্নাংশে উষ্ণতা সর্বাধিক, প্রায় ১৫০০ সেন্টিগ্রেড। 'বস' হইতে উপরে দিকে উষ্ণতা ক্রমশঃ কমিতে থাকে এবং চুল্লীর গলার কাছে উষ্ণত ৩০০°-৪০০° সেন্টিগ্রেড থাকে।



চিত্র ৩১ক

এই সকল উষ্ণতায় আয়রন অক্সাইডের সহিত কার্বন ও কার্বন মনোক্সাইডের নানারূপ বিক্রি ঘটে এবং ধাতব লৌহ উৎপ হইতে থাকে। বিভিন্ন উষ্ণত নিম্নলিখিতরূপে বিক্রিয়াগুলি সংঘটিত হয় বলিয়া মনে হয় (চিত্র ৩১ক)।


(১) ৩০০°-৫০০° সেন্টিগ্রেডে $2Fe_2O_3 + 8CO = 4Fe + 7CO_2 +$


$Fe_2O_3 + CO = 2FeO + CO_2$

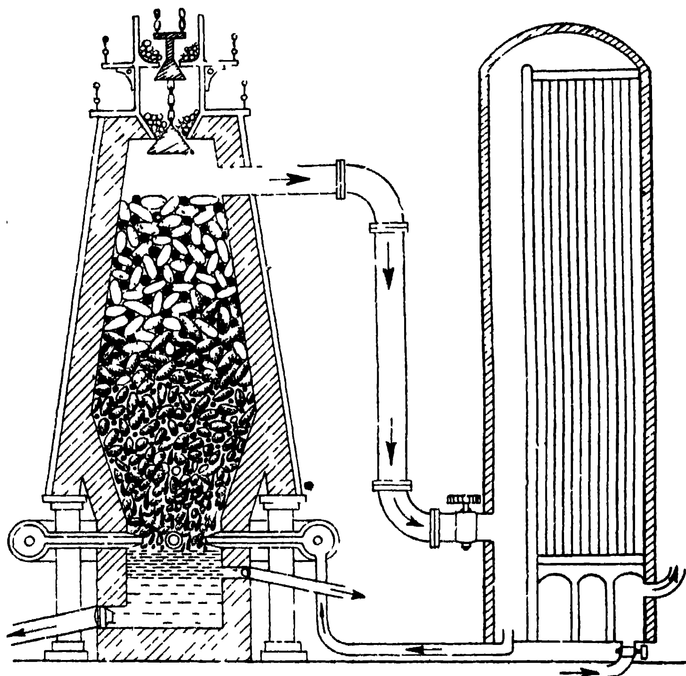

(২) ৬০০°-৯০০°


$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$


$Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$

অর্থাৎ 'বসে'র' উপরেই অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতাতেই কঠিন আয়র

অক্সাইড বিজারিত হইয়া যায়। বিজারণের ফলে-উৎপন্ন লৌহ এই উষ্ণতায় গলে না, কিন্তু কোমল ও ঝাঁঝরা (Spongy) অবস্থায় থাকে। 'বসে'র দিকে ক্রমশঃ অগ্রসর হওয়ার ফলে উষ্ণতা-বৃদ্ধি হেতু এই বিজারণ-ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইয়া যায় এবং উৎপন্ন লৌহ গলিত অবস্থায় পরিণত হয়।



চিত্র ৩১খ—মারুত-চুল্লীতে লৌহ উৎপাদন

আয়রন-অক্সাইডের বিজারণ ছাড়া আরও অবশ্য-প্রয়োজনীয় একটি বিক্রিয়া চুল্লীর উপরিভাগেই সংঘটিত হয়। চুনাপাথর প্রথমে বিযোজিত হইয়া চুন ও কার্বন-ডাই-অক্সাইডে রূপান্তরিত হয়। চুন খনিজের সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম-সিলিকেটে পরিণত হয়। উষ্ণতা-বৃদ্ধির সঙ্গে ক্যালসিয়াম-সিলিকেট গলিয়া যায়। ইহা অন্যান্য সিলিকেট ও খনিজের অন্যান্য আবর্জনা শোষণ করিয়া ধাতুমলের সৃষ্টি করে।



$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$



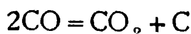
$$CaO + SiO_2 = CaSiO_3$$

অতএব 'বসে'র নিকট হইতে নীচ পর্যন্ত খানিকটা কোক ব্যতীত আর

সমস্ত পদার্থই অর্থাৎ লৌহ এবং ধাতুমল গলিত অবস্থায় থাকে। টায়ারের উপরে কোক পুড়িয়া প্রধানতঃ কার্বন-মনোক্সাইডে পরিণত হয়। খানিকটা কার্বন ডাই-অক্সাইডও হইতে পারে। কিছুটা কার্বন-মনোক্সাইড 'বসে'র নিকটে আসিয়া কয়লার সংস্পর্শে আবার বিযোজিত হইতে পারে।



$$2C + O_2 = 2CO \qquad C + O_2 = CO_2$$

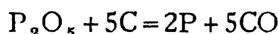


$$2CO = CO_2 + C$$

চুল্লীর নিম্নাংশে, ১৪০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় খনিজের সহিত মিশ্রিত ম্যাঙ্গানিজ-অক্সাইড, কিছু সিলিকা, ফসফেট ইত্যাদিও বিজারিত হয় এবং মৌলিক পদার্থ উৎপন্ন করে। অবশ্য ইহাদের পরিমাণ সামান্য। যথা :—



$$SiO_2 + 2C = Si + 2CO \qquad MnO_2 + 2C = Mn + 2CO$$

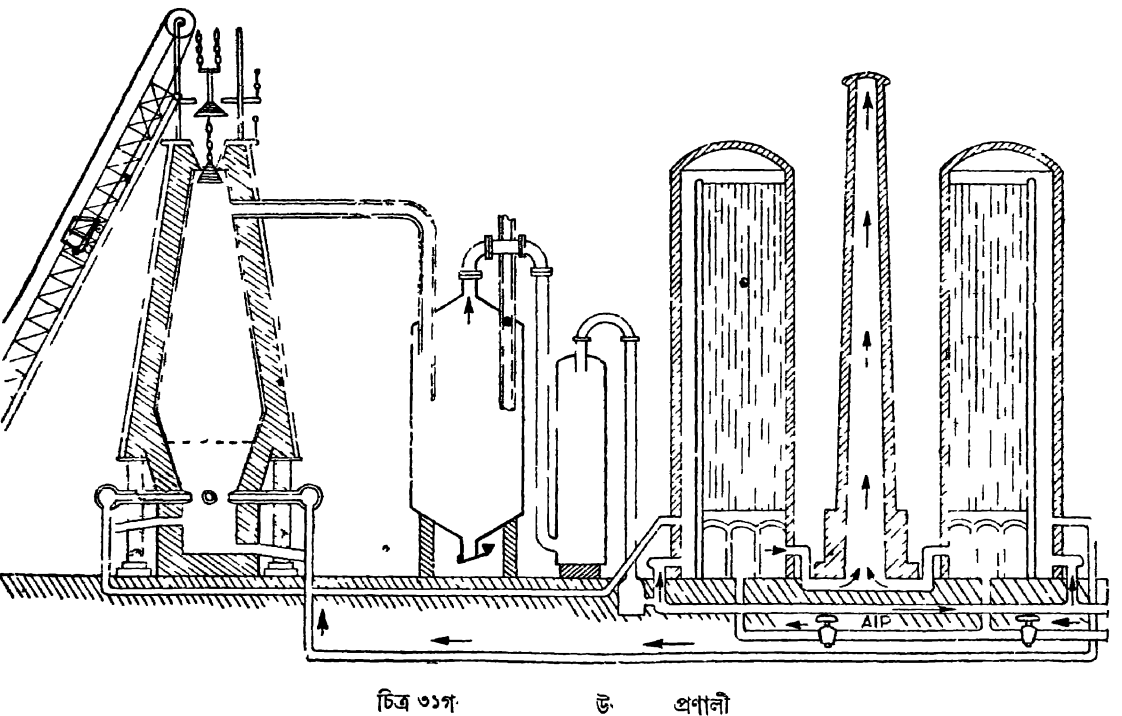


$$P_2O_5 + 5C = 2P + 5CO$$

যদি কোন আয়রন-সালফাইড মিশ্রিত থাকে, তাহাও বিজারিত হইয়া যায় :— $FeS + CaO + C = CaS + CO + Fe$

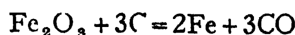
কিয়ৎপরিমাণ কার্বন এবং বিজারিত মৌল পদার্থগুলিকে (Si, P, Mn ইত্যাদি) গলিত লৌহ শোষণ করিয়া লয়। অন্যান্য যে সকল যৌগ থাকে তাহা ক্যালসিয়াম-সিলিকেটের সহিত মিশিয়া ধাতুমলে পরিণত হয়। লৌহ ও ধাতুমল উভয়েই গলিত অবস্থায় নিম্নস্থ প্রকোষ্ঠে সঞ্চিত হয়। ধাতুমল লৌহ অপেক্ষা অনেক হাল্‌কা, সুতরাং উহা লৌহের উপরে ভাসিতে থাকে। দুইটি নির্গম-নলের সাহায্যে এই দুইটি পদার্থকে পৃথকভাবে বাহির করিয়া লওয়া হয়। গলিত লৌহকে ঠাণ্ডা করিয়া বড় বড় তাল করা হয়। উহাকেই কাস্ট-আয়রন অথবা ঢালাই লোহা বলে। ইহাতে মোটামুটি কার্বন (২-৪·৫% ভাগ), ম্যাঙ্গানিজ (·৮% ভাগ), সিলিকন (১-১·৮% ভাগ) এবং ফসফরাস (·১০% ভাগ) দ্রবীভূত থাকে। ধাতুমল বা গাদ গৃহাদি-নির্মাণে, সিমেণ্ট-প্রস্তুতিতে এবং আরও নানা কাজে ব্যবহৃত হয়।

৩১-২। রট-আয়রন প্রস্তুতি : 'কাস্ট-আয়রনে' লৌহ ব্যতীত অন্যান্য যে সকল মৌল থাকে সেগুলিকে যথাসাধ্য দূরীভূত করিলেই 'রট-আয়রন' পাওয়া সম্ভব। কাস্ট-আয়রনের সহিত অব্যবহার্য লোহার টুকরা ইত্যাদি মিশাইয়া উহাকে একটি পরাবর্ত-চুল্লীতে গলানো হয়। এই চুল্লীতে একটি হিমাটাইট বা ফেরিক অক্সাইডের আস্তরণ থাকে। সালফার, ম্যাঙ্গানিজ,



চিত্র ৩১গ· উ· প্রণালী

সিলিকন প্রভৃতি প্রথমে ফেরিক অক্সাইড দ্বারা জারিত হয় এবং তৎপর আয়রন-অক্সাইডের সহিত মিশিয়া ধাতুমল উৎপাদন করে। উপর হইতে এই গাদটিকে সরাইয়া লওয়া হয়। কার্বন, ফেরিক অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে কার্বন-মনোক্সাইডে রূপান্তরিত হইয়া বাহির হইয়া যায়।



$$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$$

যাহাতে সমস্ত অপদ্রব্যগুলি ফেরিক অক্সাইডের সংস্পর্শে আসিয়া দূরীভূত হয় সেইজন্য দীর্ঘ লৌহদণ্ডের সাহায্যে গলিত লৌহকে ক্রমাগত নাড়ানো হয়। আবর্জনা পৃথক হইয়া যাওয়াতে লৌহের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি পায় এবং উহা পিণ্ডাকারে ক্রমশঃ কঠিন হইতে থাকে। এই অবস্থাতেই প্রায় একমণ ওজনের এক একটি ডেলা বলের আকারে লইয়া স্টীম-চালিত যন্ত্রের সাহায্যে চাপ দিয়া অভ্যন্তরস্থ গাদ বাহির করিয়া দেওয়া হয়। এই ভাবে 'রট-আয়রন' প্রস্তুত হয়। ইহা বিশুদ্ধতর লৌহ বটে, কিন্তু ইহাতে সামান্য পরিমাণ কার্বন (·২৫%) ও ধাতুমল মিশ্রিত থাকে।

৩৯-৩। ইস্পাত বা স্টীল প্রস্তুতি ঃ সচরাচর স্টীলের ভিতর কার্বনের অনুপাতে ·৫-১·৫% ভাগ থাকে। সুতরাং প্রয়োজনানুরূপ কার্বন রট-আয়রনে মিশাইয়া অথবা কাস্ট-আয়রন হইতে সরাইয়া লইলে স্টীল পাওয়া যাইতে পারে।

(ক) **সিমেণ্টেসন প্রণালী (Cementation Process)**—বড বড় রট-আয়রনের টুকরাগুলিকে অগ্নিসহ-ইটের বাক্সে কোকচূর্ণের ভিতর রাখিয়া চুল্লীতে লোহিত-তপ্ত করা হয়। এইভাবে প্রায় দুই সপ্তাহ থাকিলে লৌহ খানিকটা কার্বন শোষণ করে এবং উত্তম স্টীলে পরিণত হয়। ব্যয়সাধ্য বলিয়া বিশেষ প্রয়োজন ব্যতীত এই পদ্ধতি অবিলম্বিত হয় না।

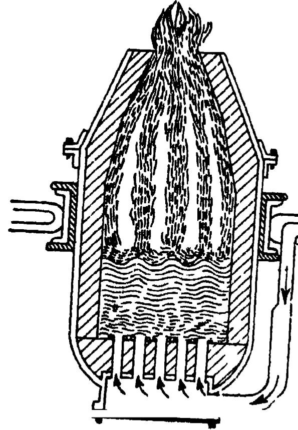
কিন্তু সাধারণ প্রয়োজনের সমস্ত স্টীলই কাস্ট-আয়রন হইতে বিসিমার অথবা সিমেন্স-মার্টিন প্রণালীতে প্রস্তুত হয়। এই উভয় পদ্ধতিতেই প্রথমে কাস্ট-আয়রনের অপদ্রব্যগুলিকে জারিত করিয়া দূর করা হয় এবং পরে যতটা আবশ্যক ততটা কার্বন এবং অন্যান্য ধাতু মিশ্রিত করিয়া উহাকে স্টীলে পরিণত করা হয়।

অল্প লৌহের সহিত কার্বন, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি নির্দিষ্ট পরিমাণে মিশাইয়া গলান হয়। এই মিশ্রণটি ঠাণ্ডা করিয়া রাখিয়া দেওয়া হয় এবং ইহাকে

'স্পাইজেল' (Spiegel) বলে। বিশুদ্ধতর লৌহের সহিত প্রয়োজনানুযায়ী পরিমাণে এই স্পাইজেল মিশাইয়া স্টীলের ভিতর ইচ্ছানুরূপ কার্বন, ম্যাঙ্গানিজ রাখা যায়।

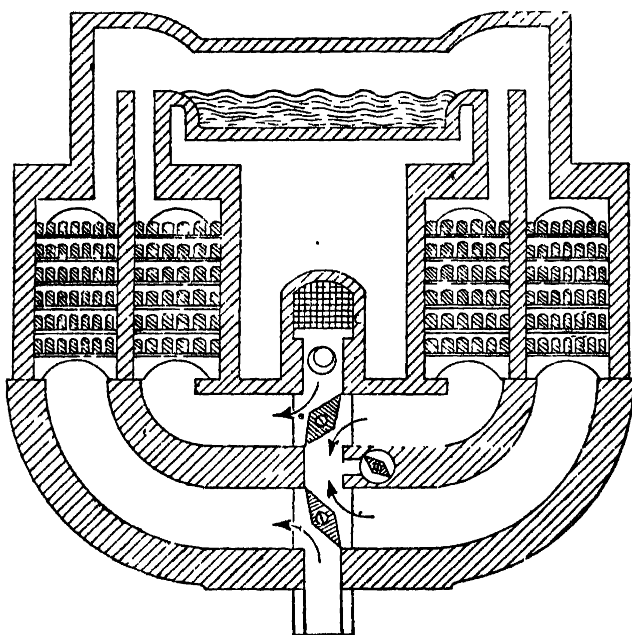
(খ) **বিসিমার প্রণালী (Bessemer's Process)**—বিসিমার-পদ্ধতির আদি-প্রচলন ভারতবর্ষে। বিসিমার সাহেব মাদ্রাজের লৌহকারদের নিকট ইহা শিক্ষা করেন এবং গত শতাব্দীর মধ্যভাগে ইংলণ্ডে নিজের নামানুসারে ইহার প্রবর্তন করেন।

এই পদ্ধতিতে স্টীল প্রস্তুত করিতে একটি বিশেষ ধরণের চুল্লী ব্যবহৃত হয়। এই চুল্লীকে 'বিসিমার কনভারটার' বলে। এই কনভারটার ইস্পাত বা পেটা-লোহার তৈয়ারী এবং দেখিতে ডিম্বাকৃতি। অবলম্বনের জন্য দুইটি শক্ত লৌহদণ্ড ও যন্ত্রযুক্ত চাকার সাহায্যে এই ডিম্বাকৃতি চুল্লীটি মাটি হইতে কিছু উপরে ঝুলান থাকে। চাকার সাহায্যে ইচ্ছানুযায়ী চুল্লীটিকে সোজা, কাৎ বা উপুড় করা সম্ভব। চুল্লীর নীচে বায়ু-প্রবেশের জন্য কয়েকটি নল সংযুক্ত থাকে। ইস্পাতের প্রাচীরের অভ্যন্তরে একটি পুরু আস্তরণ থাকে। স্টীল প্রস্তুত করিতে যে কাস্ট-আয়রন ব্যবহৃত হইবে তাহাতে যদি ফস-ফরাসের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত অধিক থাকে তাহা হইলে ক্ষারজাতীয় আস্তরণ দেওয়া হয়—উহাতে ডলোমাইট, $CaCO_3$, $MgCO_3$, ব্যবহার করা হয়। পক্ষান্তরে, কনভারটারে ব্যবহৃত কাস্ট-আয়রনে যদি ফসফরাসের ভাগ খুব কম থাকে তবে অম্লজাতীয় আস্তরণ দেওয়া হয়—উহাতে সিলিকা থাকে (চিত্র ৩১ঘ)।


চিত্র ৩১ঘ—বিসিমার কনভারটার

মারুত-চুল্লী হইতে সোজাসুজি কাস্ট-আয়রন বিসিমার কনভারটারে লইয়া যাওয়া হয়। প্রায় দুই-তৃতীয়াংশ কাস্ট-আয়রনে ভরিয়া কনভারটারটিকে সোজা অবস্থায় রাখিয়া উহার নীচের নলের ভিতর দিয়া অতিরিক্ত চাপে বায়ু

পরিচালিত করা হয়। প্রথমেই ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন প্রভৃতি জারিত হয় এবং আস্তরণের সহিত মিশিয়া ধাতুমলে পরিণত হয়। ফসফরাস থাকিলে (CaO-MgOএর আস্তরণ থাকে) উহাও ফসফেটে পরিণত হয়। শেষে কার্বনও জারিত হয় এবং উৎপন্ন কার্বন-মনোক্সাইড চুল্লীর মুখে আসিয়া ঈষৎ নীল শিখা সহ জ্বলিতে থাকে। কয়েক মিনিটের মধ্যেই কার্বন-মনোক্সাইডের শিখাটি নিভিয়া যায়। তখন বুঝা যায় সমস্ত কার্বন দূর হইয়াছে। চুল্লীটিকে অতঃপর কাৎ করিয়া ভাসমান ধাতুমল পৃথক করিয়া লওয়া হয় এবং প্রয়োজনীয় পরিমাণ স্পাইজেল উহাতে মিশান হয়। উত্তমরূপে মিশ্রণের জন্য আরও দুই-এক মিনিট



চিত্র ৩১৬—সিমেন্স-মার্টিন চুল্লী

বাতাস উহার ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। পরে কনভারটারটি উপুড করিয়া স্টীল বাহির করিয়া ছাঁচে ঢালাই করা হয়। দশ মিনিটের মধ্যেই এই ভাবে কাস্ট-আয়রন স্টীলে পরিণত হয় এবং প্রতিটি চুল্লী হইতে প্রায় আড়াই শত মণ স্টীল পাওয়া যায়।

(ঘ) সিমেন্স-মার্টিন-প্রণালী (Siemens-Martin Open Hearth

Process)—এই প্রণালীতেও বিসিমার-পদ্ধতির অনুরূপ কাস্ট-আয়রনের অপদ্রব্যগুলি যথাসম্ভব জারিত করিয়া দূর করা হয় এবং তৎপর প্রয়োজন-মত স্পাইজেল মিশান হয়।

এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ-ইটের তৈয়ারী চতুষ্কোণ একটি প্রকোষ্ঠ চুল্লীরূপে ব্যবহৃত হয়। চুল্লীর গহ্বরটি সমতল এবং প্রশস্ত। এই চুল্লীর উপরে একটি নীচু ছাদ আছে। চুল্লীর উভয় প্রান্তেই গ্যাস প্রবেশ ও নির্গমনের ব্যবস্থা আছে (চিত্র ৩১৬)। চুল্লীর অভ্যন্তরে অম্লজাতীয় SiO_2 অথবা ক্ষারজাতীয় CaO-MgO আস্তরণ থাকে। ফসফরাসের পরিমাণ অধিক হইলে ক্ষারজাতীয় প্রলেপের প্রযোজন হয়, নতুবা অম্লজাতীয় আস্তরণ থাকাই সুবিধাজনক। এই চুল্লীর অদূরে অনতিরিক্ত বায়ুযোগে কয়লা পোড়াইয়া প্রডিউসার গ্যাস $(CO + N_2)$ তৈয়ারী করা হয়। অতিরিক্ত বায়ুর সহিত প্রডিউসার গ্যাস মিশ্রিত করিয়া লইয়া সিমেন্স-মার্টিন চুল্লীর ভিতরে উহা জ্বালান হয়। এইভাবে এই চুল্লীর অভ্যন্তরে প্রখর তাপ সৃষ্টি করা হয়।

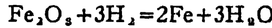
মারুত-চুল্লী হইতে গলিত কাস্ট-আয়রন সোজাসুজি সিমেন্স-মার্টিন চুল্লীতে লইয়া যাওয়া হয়। উহার সহিত ফ্যাক্টরীর অব্যবহার্য ছাঁটাই স্টীল এবং কিছু হিমাটাইট মিশাইয়া দেওয়া হয়। হিমাটাইট Fe_2O_3 দ্বারা কাস্ট-আয়রনের কার্বন, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি জারিত হয়। কার্বন-মনোক্সাইড উড়িয়া যায়। অন্যান্য অক্সাইড আস্তরণের সংস্পর্শে আসিয়া ধাতুমলে পরিণত হয়। এইভাবে কাস্ট-আয়রনের অপদ্রব্য দূর হইলে, প্রয়োজনীয় পরিমাণ স্পাইজেল উহাতে দেওয়া হয় এবং আরও তাপিত করিয়া উহাকে উত্তমরূপে মিশাইয়া লওয়া হয়। সমস্ত প্রক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করিতে প্রায় ৮-১০ ঘণ্টা প্রয়োজন। স্টীল গলিত অবস্থায় বাহির করিয়া ছাঁচে ঢালা হয়।

বিসিমার স্টীল অপেক্ষা সিমেন্স-মার্টিন স্টীল অনেক উৎকৃষ্ট। সুতরাং সময় বেশী লাগিলেও ভাল স্টীল প্রয়োজন হইলে এই উপায়েই তৈয়ারী করা বাঞ্ছনীয়। কাস্ট-আয়রনে ফসফরাসের পরিমাণ বেশী থাকিলেও এই উপায়ে স্টীল প্রস্তুত করা ভাল।

অনেক সময় মারুত-চুল্লীজাত লৌহের সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ এবং প্রায় সবটা কার্বন বিসিমার পদ্ধতিতে তাড়াইয়া অবশিষ্ট ফসফরাস সিমেন্স-মার্টিন চুল্লীতে

দুরীভূত করা হয়। বস্তুতঃ ইহা দুইটি পদ্ধতির সমন্বয়। ইহাকে 'ডুপ্লে প্রণালী' বলে। টাটার কারখানাতে ইহার ব্যবহার হয়।

বিশুদ্ধ লৌহ—সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ লৌহ পাইতে হইলে উত্তপ্ত ফেরিক অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসে বিজারিত করা হয়।



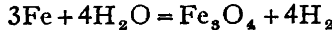
$$Fe_2O_3+3H_2=2Fe+3H_2O$$

লৌহ লবণের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণেও বিশুদ্ধ লৌহ ক্যাথোডে পাওয়া যায়।

৩১-৪। লৌহের ধর্ম—বিশুদ্ধ লৌহ উজ্জ্বল সাদা রঙের ধাতু। উহার ঘনত্ব ৭·৮৫, গলনাঙ্ক ১৫৩০° এবং স্ফুটনাঙ্ক ২৪৫০° সেণ্টিগ্রেড। ইহা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়।

শুষ্ক বাতাসে লৌহের কোন পরিবর্তন ঘটে না কিন্তু আর্দ্র বাতাসে অতি সহজেই সাধারণ লৌহের উপর মরিচা পড়িতে থাকে।

অক্সিজেন গ্যাসে লোহিততপ্ত করিলে লৌহ জ্বলিয়া উঠে এবং জারিত হইয়া Fe_3O_4 অক্সাইডে পরিণত হয়। লোহিততপ্ত লোহার উপর দিয়া স্টীম পরিচালিত করিলেও লৌহ জারিত হইয়া যায় :—



$$3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$$

কার্বন-মনোক্সাইড গ্যাসে তাপিত করিলে, লৌহ উহার সহিত যুক্ত হইয়া 'আয়রন কার্বনিলে' পরিণত হয় : —$Fe+5CO=Fe(CO)_5$

হ্যালোজেন, সালফার প্রভৃতির সহিত উত্তপ্ত করিলে, লৌহ উহাদের সঙ্গে যুক্ত হয় :— $Fe+S = FeS$ $2Fe+3Cl_2 = 2FeCl_3$

লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা লৌহ আক্রান্ত হইয়া ফেরাস লবণে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।



$$Fe+H_2SO_4 = FeSO_4+H_2 \qquad Fe+2HCl = FeCl_2+H_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিডেও লৌহ দ্রব হয়। বিভিন্ন অবস্থায় উহাদের বিক্রিয়াগুলি ভিন্ন ভিন্ন রকমের। যথা :—

(ক) শীতল অবস্থায় লঘু অ্যাসিডে



$$4Fe+10HNO_3=4Fe(NO_3)_2+NH_4NO_3+3H_2O$$

(খ) উষ্ণ অবস্থায় গাঢ় অ্যাসিডে

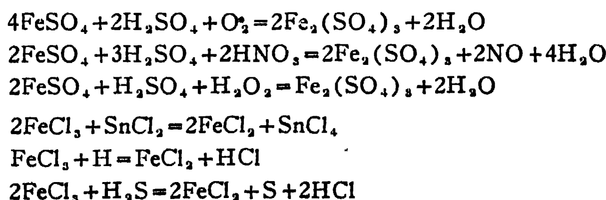


$$Fe+6HNO_3=Fe(NO_3)_3+3NO_2+3H_2O$$

বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডে বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিডে লৌহ রাখিলে

উহা দ্রবীভূত না হইয়া 'নিষ্ক্রিয় লৌহে' পরিণত হয়। সাধারণ লৌহ কপার-সালফেটের সহিত বিক্রিয়া করে, লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে, ইত্যাদি। কিন্তু যে লৌহ বিশুদ্ধ গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে আসিয়াছে উহার ঐ সকল ধর্ম লোপ পায়। কপার-সালফেট বা HClএর সহিত উহা আর বিক্রিয়া করিতে পারে না। এইরূপ লৌহকে 'নিষ্ক্রিয় লৌহ' (Passive iron) বলা হয়। নিষ্ক্রিয় লৌহের উপরিভাগ ঘসিয়া ফেলিলে অথবা উহাকে H_2 গ্যাসে উত্তপ্ত করিলে অথবা এক টুকরা জিঙ্কের সহিত লঘু অ্যাসিডে নিমজ্জিত করিয়া রাখিলে উহার নিষ্ক্রিয়তা লোপ পায় এবং উহা আবার সাধারণ লৌহে পরিণত হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ক্রোমিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন-পার-অক্সাইড দ্বারাও লৌহকে এইরূপ নিষ্ক্রিয় করা সম্ভব। সাধারণতঃ মনে করা হয়—এই সকল অক্সিজেন-সমৃদ্ধ বিকারক দ্বারা লৌহের উপর উহার অক্সাইডের একটি অতি পাতলা আবরণ পড়ে এবং এই আবরণটি লৌহের অন্যান্য বিক্রিয়া বন্ধ করিয়া দেয়।

আয়রনের দুইটি যোজ্যতা আছে—দুই এবং তিন। সুতরাং দ্বিযোজী আয়রনের যৌগকে ফেরাস-যৌগ এবং ত্রিযোজী আয়রনের যৌগকে ফেরিক-যৌগ বলা হয়। সাধারণতঃ ফেরিক-যৌগসমূহ ফেরাস-যৌগ অপেক্ষা অধিকতর স্থায়ী হয়। ফেরাস-যৌগগুলি বাতাস, অক্সিজেন, ওজোন, নাইট্রিক অ্যাসিড, ডাই-ক্রোমেট, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভৃতি দ্বারা জারিত হইয়া ফেরিক-যৌগে পরিণত হয়। ফেরিক-যৌগগুলিকে ফেরাস-অবস্থায় রূপান্তরিত করিতে হইলে $SnCl_2$, SO_2, H_2S প্রভৃতির সাহায্যে বিজারিত করা প্রয়োজন। যথা :—



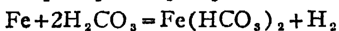
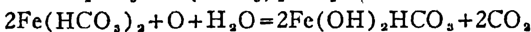
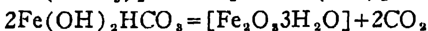
$$4FeSO_4+2H_2SO_4+O_2=2Fe_2(SO_4)_3+2H_2O$$
$$2FeSO_4+3H_2SO_4+2HNO_3=2Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O$$
$$2FeSO_4+H_2SO_4+H_2O_2=Fe_2(SO_4)_3+2H_2O$$
$$2FeCl_3+SnCl_2=2FeCl_2+SnCl_4$$
$$FeCl_3+H=FeCl_2+HCl$$
$$2FeCl_3+H_2S=2FeCl_2+S+2HCl$$

৩১-৫। লৌহের মরিচা (Rusting of Iron)—সাধারণ লৌহকে আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে উহার উপরিভাগ ধীরে ধীরে একটি বাদামী রঙের গুঁড়াতে পরিণত হইতে থাকে। ইহাকে লোহার 'মরিচা ধরা' বলা হয় এবং একবার মরিচা পড়িতে আরম্ভ করিলে খুব দ্রুত এই পরিবর্তন সংঘটিত হইতে

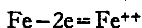
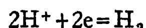
থাকে। মরিচা বিশ্লেষণ করিয়া দেখা গিয়াছে উহাতে সোদক 'আয়রন-অক্সাইড' থাকে এবং উহার মোটামুটি সঙ্কেত— $2Fe_2O_3,3H_2O$।

সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ লৌহে মরিচা পড়ে না। মরিচা পড়িতে হইলে জল বা জলীয় বাষ্প এবং অক্সিজেন প্রয়োজন। উহাদের যে কোন একটির অবর্তমানে লোহার উপর মরিচা পড়ে না। মরিচা-ধরা সম্বন্ধে কয়েকটি মতবাদ প্রচলিত আছে। উহাদের দুই একটি আলোচনা করা হইতেছে।

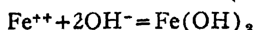
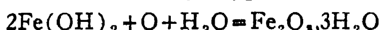
(ক) কেহ কেহ মনে করেন, বাতাসের জলীয় বাষ্প ও কার্বন-ডাই-অক্সাইড হইতে যে কার্বনিক অ্যাসিড হয়, উহা লোহাকে আক্রমণ করে এবং উহাকে অ্যাসিড-ফেরাস-কার্বনেটে পরিণত করে। অক্সিজেনের সংস্পর্শে উহা ক্ষারকীয় কার্বনেটে রূপান্তরিত হয় এবং পরে আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া ফেরিক অক্সাইডে পরিণত হয়। উহাই মরিচা।


$$CO_2+H_2O=H_2CO_3$$

$$Fe+2H_2CO_3=Fe(HCO_3)_2+H_2$$

$$2Fe(HCO_3)_2+O+H_2O=2Fe(OH)_2HCO_3+2CO_2$$

$$2Fe(OH)_2HCO_3=[Fe_2O_3 3H_2O]+2CO_2$$

(খ) 'মরিচা-পড়া' সম্পর্কে অপর একটি মতবাদে লোহার ভিতরে বৈদ্যুতিক সেলের অস্তিত্ব কল্পনা করা হয়। গ্র্যাফাইট-কার্বন-কণিকা ও লৌহ-কণিকাগুলি পরা ও অপরা তড়িৎদ্বার স্বরূপ কাজ করে এবং জল তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে এই ক্ষুদ্র বৈদ্যুতিক সেলে থাকে। ফলে, অ্যানোডে আয়রন দ্রবীভূত হয় এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।


$$Fe-2e=Fe^{++}$$

$$2H^{+}+2e=H_2$$

পরে জলের OH-আয়ন দ্বারা Fe^{++} আয়ন হইতে ফেরাস-হাইড্রক্সাইড তৈয়ারী হয় এবং উহা জারিত হইয়া মরিচাতে পরিণত হয়।


$$Fe^{++}+2OH^{-}=Fe(OH)_2$$

$$2Fe(OH)_2+O+H_2O=Fe_2O_3,3H_2O$$

সাধারণতঃ লৌহের উপর রঙের বার্নিশ দিয়া উহাকে মরিচা হইতে রক্ষা করা হয়। কিন্তু জিঙ্ক বা টিনের প্রলেপ দিয়াও মরিচা পড়া বন্ধ করা যায়। দস্তা-প্রলেপিত লোহা বা ইস্পাতের পাতকে সাধারণ লোকে 'টিন' বলে। অনেক ক্ষেত্রে আল্‌কাতরা ব্যবহৃত হয়, আবার বিশেষ প্রয়োজনে নিকেল, ক্রোমিয়াম প্রভৃতি দ্বারা বৈদ্যুতিক উপায়ে প্রলেপ দিয়া মরিচা বন্ধ করা হয়।

৩১-৬। লৌহের ব্যবহার—ধাতুর মধ্যে বর্তমানে লৌহের ব্যবহারই সর্বাধিক। বস্তুতঃ বর্তমান যুগের নামই লৌহযুগ। পূর্বেই বলা হইয়াছে, সাধারণ ব্যবহার্য লৌহ মোটামুটি তিন রকমের—কাস্ট-আয়রন, ইস্পাত বা স্টীল ও রট-আয়রন। এই তিন প্রকারের লৌহের ভিতর অবশ্য কার্বনের পরিমাণ বিভিন্ন এবং সেইজন্য উহাদের বাহ্য ও ভৌত ধর্মেরও যথেষ্ট তারতম্য আছে।

প্রকৃতপক্ষে লৌহ একটি অদ্ভুত ধাতু—উহার সাধারণ ধর্ম বা গুণগুলি খাদের তারতম্যে এত আশ্চর্যরকম ভাবে পরিবর্তিত হয় যে দেখিলে বিস্মিত হইতে হয়। লৌহ যেমন খুব শক্ত হইতে পারে আবার তেমন নরমও হওয়া সম্ভব। লৌহ সাধারণতঃ চুম্বকদ্বারা আকৃষ্ট হয়, আবার কোন কোন অবস্থায় একেবারেই উহার চুম্বকত্ব থাকে না। ইহা অত্যন্ত ঘাতসহনশীল অবস্থায় তৈয়ারী করা সম্ভব, আবার একেবারে ভঙ্গুর অবস্থায় পাওয়াও সম্ভব। ইহার প্রসারাঙ্ক খুব বেশী, আবার একেবারে কমও হইতে পারে। এইরূপ উহার প্রত্যেকটি ধর্মই কমবেশী করা যাইতে পারে। এই সকল বিভিন্ন-গুণান্বিত লৌহ পাইতে হইলে প্রায়ই লৌহের সহিত অন্যান্য মৌল কিয়ৎপরিমাণে মিশ্রিত করা প্রয়োজন হয় এবং বিভিন্ন উষ্ণতায় উহাকে তাপিত করাও প্রয়োজন হয়।

কাস্ট-আয়রন—ইহাতে সাধারণতঃ ২-৪.৫% ভাগ কার্বন থাকে। তাছাড়া ম্যাঙ্গানিজ, সিলিকন ও ফসফরাসও থাকে। অন্যান্য লৌহ হইতে ইহার গলনাঙ্ক কম এবং প্রায় ১২০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা তরলিত হইয়া যায়। কাস্ট-আয়রন বেশ কঠোর বটে তবে অত্যন্ত ভঙ্গুর। ইহাকে ঢালাই করা যায় কিন্তু ঘাতসহতা কম থাকার জন্য পিটাইয়া কিছু তৈয়ারী করা যায় না। ইহাকে পিটাইয়া জোড় দেওয়া সম্ভব নয়। ইহাকে স্থায়ী চুম্বকেও পরিণত করা যায় না। ইহাকে পান দেওয়াও সম্ভব হয় না।

অধিকাংশ কাস্ট-আয়রনই স্টীল ও রট-আয়রন প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। গৃহস্থের কোন কোন তৈজসপত্রাদি, লোহার রেলিং প্রভৃতি প্রস্তুতিতেও কাস্ট-আয়রন ব্যবহার করা হয়।

রট-আয়রন—ইহাতে কার্বনের ভাগ সাধারণতঃ .১২-.২৫%। ইহার গলনাঙ্ক অন্যান্য লৌহ অপেক্ষা বেশী, প্রায় ১৫০০° সেন্টিগ্রেড। রট-আয়রন অপেক্ষাকৃত নরম এবং যথেষ্ট ঘাতসহনশীল, কিন্তু ইহাকে পান দেওয়া যায় না। উহাকে পিটাইয়া জোড় দেওয়া যায়। রট-আয়রনে সরু তার বা চাদর তৈয়ারী করা সম্ভব। ইহাও স্থায়ী চুম্বকত্ব লাভ করে না।

তার, জাল, বৈদ্যুতিক-চুম্বক প্রভৃতি তৈয়ারী করিতে রট-আয়রন ব্যবহৃত হয়।

স্টীল (ইস্পাত)—ইস্পাতে .২৫-১.৫% ভাগ কার্বন সচরাচর থাকে। ইহা ছাড়া সর্বদাই ইস্পাতে ম্যাঙ্গানিজ, ক্রোমিয়াম, নিকেল, ফসফরাস, ভ্যানাডিয়াম,

টানস্টেন প্রভৃতির কোন একটি বা একাধিক মৌল মিশ্রিত থাকে। এই সকল মৌলগুলি ইস্পাতকে বিভিন্ন গুণান্বিত করিয়া থাকে। ইহাদিগকে ইস্পাত-সঙ্কর (alloy steel) বলা যাইতে পারে। সাধারণতঃ ম্যাঙ্গানিজ থাকিলে স্টীল অধিকতর শক্ত ও ঘাতসহনশীল হয়। ক্রোমিয়াম মিশ্রিত থাকিলে উহার মরিচা-পড়া বন্ধ হয়; মরিচা-হীন লৌহ এইভাবে তৈয়ারী হয়। যে সমস্ত স্টীল দ্রুতগতিশীল-যন্ত্রে ব্যবহৃত হয় তাহাতে টানস্টেন মিশ্রিত করা হয়। শক্ত এবং স্বল্প প্রসারাঙ্ক-বিশিষ্ট স্টীল পাইতে হইলে নিকেলের সহিত মিশ্রিত করা প্রয়োজন।

সাধারণ ইস্পাতকে লোহিততপ্ত করিয়া লইয়া হঠাৎ শীতল জলের ভিতর ফেলিয়া দিয়া ঠাণ্ডা করিলে উহা অত্যন্ত শক্ত এবং ভঙ্গুর হইয়া পড়ে। ইহাকে কঠোর ইস্পাত (Hardened Steel) বলে। কঠোর ও ভঙ্গুর স্টীলকে আবার নির্দিষ্ট কোন উষ্ণতায় তাপিত করিয়া ধীরে ধীরে শীতল করিলে উহার ভঙ্গুরত্ব লোপ পায় এবং স্থিতিস্থাপকতা বৃদ্ধি পায়, অর্থাৎ স্টীল আবার নমনীয় হইয়া পড়ে। নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তাপিত করিয়া এবং পরে ধীরে ধীরে শীতল করিয়া স্টীলকে এইভাবে নমনীয় করাকে সচরাচর 'ইস্পাতের কোমলায়ন' বলিয়া অভিহিত করা হয়। স্টীলকে প্রথমতঃ কঠিন ইস্পাতে পরিণত করিয়া পুনরায় তাপিত করা ও কোমলায়িত করাকে 'ইস্পাতের পান-দেওয়া' (Tempering of Steel) বলে। ভিন্ন ভিন্ন কাজে স্টীলের বিভিন্ন রকমের নমনীয়তা প্রয়োজন যেমন, ছুরি তৈয়ারীর স্টীল ও স্প্রীং তৈয়ারীর স্টীল ঠিক একরকম নয় কোমলায়িত করার সময় বিভিন্ন উষ্ণতায় কঠিন স্টীলকে তাপিত করিয়া প্রয়োজনানুযায়ী গুণসমন্বিত করা হয়।

ঘাতসহনশীল এবং ভঙ্গুর, শক্ত এবং নরম সবরকম স্টীলই পাওয়া যায় স্টীল পিটাইয়া জোড় দেওয়া যায়। ইহাকে পান দেওয়া যায়। ইহাকে স্থায়ী চুম্বকেও পরিণত করা সম্ভব। স্টীল সাধারণতঃ ১৩০০°-১৪০০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গলে। প্রায় সবরকম লোহার জিনিসেই স্টীল ব্যবহার করা যায় ঘড়ি, চুম্বক, ট্রাঙ্ক প্রভৃতি হইতে আরম্ভ করিয়া এঞ্জিন, মেসিনগান, রেলের চাকা যুদ্ধাস্ত্র প্রভৃতি সব কিছুতেই স্টীল ব্যবহৃত হয়।

দ্বাত্রিংশ অধ্যায়

রাসায়নিক গণনা

রাসায়নিক বিক্রিয়াতে যে সকল পদার্থ অংশ গ্রহণ করে তাহাদের, অথবা বিক্রিয়াজাত পদার্থসমূহের পরিমাণ, আয়তন, সঙ্কেত প্রভৃতি বিভিন্ন পরীক্ষার ফলাফল হইতে গণনার দ্বারা নির্ধারণ সম্ভব। এই সকল গণনাতে রাসায়নিক সংযোগসূত্র, অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প এবং সমীকরণের সাহায্য লওয়া হয়। কয়েকটি সাধারণ গণনার বিষয় এখানে আলোচনা করা হইতেছে।

১। যৌগের সঙ্কেত হইতে উপাদানসমূহের পরিমাণ নির্ণয়—

যৌগিক পদার্থের সঙ্কেত হইতে উহার মৌলগুলির পারমাণবিক গুরুত্বসমূহ যোগ করিয়া উহার আণবিক গুরুত্ব জানা যায়। পদার্থটির আণবিক গুরুত্বের পরিমাণে কোন্ উপাদান কতটুকু আছে তাহাও জানা যায়। অতএব, যৌগটিতে উহার বিভিন্ন উপাদানগুলির শতকরা অনুপাত বাহির করা যায়।

(ক) সালফিউরিক অ্যাসিডে উহার উপাদানগুলির শতকরা কি অনুপাতে আছে বাহির কর।

H_2SO_4 = ২ × ১ + ১ × ৩২ + ৪ × ১৬ = ৯৮ (আণবিক গুরুত্ব)। অর্থাৎ, ৯৮ গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিডে ২ গ্রাম হাইড্রোজেন, ৩২ গ্রাম সালফার এবং ৬৪ গ্রাম অক্সিজেন আছে।

অতএব, হাইড্রোজেনের পরিমাণ = $\frac{২}{৯৮}$ × ১০০ = ২·০৪১%

অক্সিজেনের পরিমাণ = $\frac{৬৪}{৯৮}$ × ১০০ = ৬৫·৩০৬%

সালফারের পরিমাণ = $\frac{৩২}{৯৮}$ × ১০০ = ৩২·৬৫৩%

(খ) ক্যালসিয়াম-কার্বনেটের উপাদানসমূহের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। ক্যালসিয়াম-কার্বনেটের সঙ্কেত, $CaCO_3$।

উহার আণবিক গুরুত্ব, ৪০ + ১২ + ৩ × ১৬ = ১০০।

অতএব ১০০ ভাগ ক্যালসিয়াম-কার্বনেটে ৪০ ভাগ ক্যালসিয়াম, ১২ ভাগ কার্বন ও ৪৮ ভাগ অক্সিজেন আছে। অর্থাৎ

$$\text{ক্যালসিয়াম} = \frac{৪০}{১০০} \times ১০০ = ৪০\%, \quad \text{কার্বন} = \frac{১২}{১০০} \times ১০০ = ১২\%$$

$$\text{অক্সিজেন} = \frac{৪৮}{১০০} \times ১০০ = ৪৮\%$$

(গ) কোন কোন সময় যৌগিক পদার্থের কোন উপাদান-মৌলটির পরিমাণ সোজাসুজি বাহির করা হয় না, অন্য কোন যৌগ বা মূলক রূপে হিসাব করা হয়। যেমন, ক্যালসিয়াম-ফসফেটের ফসফরাস P_2O_5 হিসাবে নির্ণয় কর।

ক্যালসিয়াম-ফসফেটের সঙ্কেত, $Ca_3(PO_4)_2$।

উহার আণবিক গুরুত্ব $= ৩ \times ৪০ + ২ \times ৩১ + ৮ \times ১৬ = ৩১০$।

ক্যালসিয়াম-ফসফেটকে $[2CaO, P_2O_5]$ এইরূপ মনে করা যাইতে পারে।

P_2O_5এর গুরুত্ব $= ২ \times ৩১ + ৫ \times ১৬ = ১৪২$।

∴ ৩১০ ভাগ ক্যালসিয়াম-ফসফেট হইতে ১৪২ ভাগ P_2O_5 পাওয়া যায়।

অর্থাৎ, P_2O_5এর পরিমাণ $= \frac{১৪২ \times ১০০}{৩১০} = ৪৫\cdot৮\%$

(ঘ) ডলোমাইটে কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ কত ?

ডলোমাইটের সঙ্কেত, $CaCO_3, MgCO_3$; অর্থাৎ, $(CaO, MgO, 2CO_2)$।

ডলোমাইটের আণবিক গুরুত্ব $= (৪০ + ১২ + ৪৮) + (২৪ + ১২ + ৪৮)$
$= ১৮৪$

CO_2এর আণবিক গুরুত্ব $= ১২ + ৩২ = ৪৪$

অতএব, ওজন হিসাবে,

১৮৪ ভাগ ডলোমাইটে ২ × ৪৪ (= ৮৮) ভাগ CO_2 আছে

∴ কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ $= \frac{৮৮}{১৮৪} \times ১০০ = ৪৭\cdot৮\%$

(ঙ) কপার-সালফেটের সোদক স্ফটিকে জলের পরিমাণ কত ?

কপার-সালফেটের সঙ্কেত, $CuSO_4, 5H_2O$.

উহার আণবিক গুরুত্ব $= ৬৩\cdot৫ + ৩২ + ৪ \times ১৬ + ৫ \times ১৮ = ২৪৯\cdot৫$

এবং উহাতে ৫টি জলের অণু অর্থাৎ ৫ × ১৮(= ৯০) ভাগ জল আছে

অতএব, সোদক কপার-সালফেটে জলের পরিমাণ $= \frac{৯০}{২৪৯\cdot৫} \times ১০০$
$= ৩৬\cdot০৭\%$।

অনুশীলন

(১) হিমাটাইট আকরিকে আয়রনের অনুপাত কত ?

(২) বিশুদ্ধ বক্সাইটে অ্যালুমিনিয়াম ও সিনাবারে মারকারির অনুপাত নির্ণয় কর।

(৩) জিপসাম ও অ্যানহাইড্রাইট আকরিকে উপাদানগুলি শতকরা কত পরিমাণে আছে ?

(৪) অ্যামোনিয়াম-সালফেটে ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেটে উহাদের উপাদানগুলি কি পরিমাণে আছে ?

(৫) পটাসিয়াম-ফেরোসায়ানাইডের ($K_4FeC_6N_6$) উপাদান চারিটির শতকরা পরিমাণ বাহির কর।

(৬) একশত গ্রাম অ্যামোনিয়াম-ক্লোরো-প্লাটিনেটে $[(NH_4)_2PtCl_6]$ কতটুকু প্লাটিনাম আছে ?

(৭) একশত গ্রাম অ্যালামে $[K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O]$ কতখানি অ্যালুমিনিয়াম আছে ?

(৮) চিনি ($C_{12}H_{22}O_{11}$) এবং স্পিরিটের (C_2H_6O) কার্বনের শতকরা পরিমাণ কত হইবে ?

(৯) নিম্নলিখিত সোদক স্ফটিকগুলিতে জলের অংশ কত হইবে ?

(ক) সোডা, $Na_2CO_3, 10H_2O$

(খ) সোহাগা, $Na_2B_4O_7, 10H_2O$

(গ) ফেরিক ক্লোরাইড, $FeCl_3, 6H_2O$

(ঘ) ম্যাগনেসিয়াম-সালফেট, $MgSO_4, 7H_2O$

(১০) মার্বেল পাথরের ক্যালসিয়ামটি চুন হিসাবে নির্ণয় কর।

(১১) অ্যানহাইড্রাইট আকরিকের ($CaSO_4$) কত অংশ SO_2 হিসাবে পাওয়া সম্ভব ?

(১২) ফেরাস-সালফেটের ($FeSO_4$) শতকরা কত অংশ Fe_2O_3 হিসাবে পাওয়া যায় ?

(১৩) অ্যামোনিয়াম-সালফেটে কি পরিমাণ অ্যামোনিয়া আছে ?

(১৪) ক্যাওলিনে ($Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$) সিলিকার শতকরা পরিমাণ কত ?

(১৫) পটাসিয়াম-ক্লোরেট ও সোডিয়াম-ক্লোরেটের প্রতি পাউণ্ডের দাম একই। এই দুইটি পদার্থ পৃথক উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন প্রস্তুত করা হইলে, অক্সিজেন উৎপাদনের ব্যয়ের অনুপাত কি হইবে ?

(১৬) এক গ্রাম একটি যৌগ হইতে ০·২১৬৮ গ্রাম কপার পাওয়া গেল। সেই যৌগের ভিতর CuOএর শতকরা পরিমাণ কত ?

২। উপাদানসমূহের পরিমাণ হইতে যৌগিক পদার্থের স্থূল-সঙ্কেত নির্ণয়—

কোন যৌগের উপাদানগুলি উহাতে ওজনের কি অনুপাতে আছে জানা থাকিলে যৌগ পদার্থটির স্থূল-সঙ্কেত অনায়াসেই বাহির করা যায়। স্থূল-সঙ্কেত বাহির করার মোটামুটি নিয়মটি এই :—যে ওজনে উপাদানগুলি সংযুক্ত থাকে, সেই ওজনগুলিকে উহাদের নিজ নিজ পারমাণবিক গুরুত্ব দ্বারা ভাগ করিয়া

যৌগিক পদার্থটিতে উপাদানগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতটি প্রথমে বাহির করিতে হইবে। অতঃপর এই অনুপাতটিকে উহাদের মধ্যে যে রাশিটি সর্বাপেক্ষা ছোট উহা দ্বারা ভাগ করিয়া সরলতর করিতে হইবে। এই অনুপাতটি সরল অনুপাত হওয়া দরকার। এই অনুপাত গ্রহণ করার সময় যদি কোন রাশি পূর্ণসংখ্যার খুব কাছাকাছি হয় তবে আসন্ন পূর্ণসংখ্যাটি গ্রহণ করিতে হইবে। তাহা না হইলে উহাদের ল. সা. গু. বাহির করিয়া উহাকে সরল অনুপাতে পরিণত করিতে হইবে।

উপরোক্ত নির্ণয়ে উপাদান-পরমাণুগুলি সংখ্যাহিসাবে যে অনুপাতে যুক্ত তাহাই জানা যায়। ইহা হইতে যৌগটির একটি অণুতে কয়েকটি পরমাণু বর্তমান তাহা জানা সম্ভব নয়। সুতরাং যে সঙ্কেতটি বাহির করা যায়, তাহা স্থূল-সঙ্কেত (Empirical formula), আণবিক সঙ্কেত নহে। আণবিক সঙ্কেত (Molecular formula) জানিতে হইলে, আণবিক গুরুত্বও জানা থাকা দরকার।

কোন পদার্থের উপাদানের পরিমাণ সাধারণতঃ শতকরা অংশ হিসাবে প্রকাশ করা হয়। এই শতকরা হার ওজনের হিসাবে বা আয়তনের হিসাবে হইতে পারে।

সাধারণতঃ কঠিন পদার্থের উপাদানগুলি ওজনের হিসাবে শতকরা অংশে প্রকাশিত হয়। যথা, মার্বেল পাথরে শতকরা ৪০ ভাগ ক্যালসিয়াম আছে। অর্থাৎ ১০০ গ্রাম মার্বেল পাথরে ৪০ গ্রাম ক্যালসিয়াম বর্তমান।

আবার, তরলমিশ্রে বা দ্রবণের ভিতর কোন উপাদানের পরিমাণ প্রকাশ করিতে সচরাচর আয়তনের ১০০ ভাগ মিশ্রে ওজনের কত পরিমাণ উপাদান আছে তাহাই উল্লিখিত হয়। যথা,—"শতকরা ৫ ভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ" বলিলে ১০০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে ৫ গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড আছে বুঝা যায়। "শতকরা ৩৩ ভাগ নাইট্রিক অ্যাসিড" বলিলে সাধারণতঃ ১০০ ঘনসেন্টিমিটার অ্যাসিডে ৩৩ গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড আছে ধরা হইবে।

উদাহরণ ১। চুনের ভিতর ক্যালসিয়াম ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত $= ৫ : ২$। উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে? [Ca = ৪০, O = ১৬]

ওজনের অনুপাত, Ca : O = ৫ : ২

পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে, $Ca : O = \frac{৫}{৪০} : \frac{২}{১৬} = \frac{১}{৮} : \frac{১}{৮} = ১ : ১$

অতএব, চুনের স্থূল-সঙ্কেত, CaO।

উদাহরণ ২। মার্বেল-পাথর ক্যালসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেনের যৌগ। ওজনের হিসাবে উপাদানগুলির অনুপাত—Ca : O : C = ৫ : ৬ : ১·৫। মার্বেলের স্থূল-সঙ্কেত নির্ণয় কর। [Ca = ৪০, O = ১৬, C = ১২]

ওজনের অনুপাতে : Ca : O : C = ৫ : ৬ : ১·৫

= ১০ : ১২ : ৩

∴ পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে, Ca : O : C = $\frac{১০}{৪০} : \frac{১২}{১৬} : \frac{৩}{১২}$

= ১ : ৩ : ১

অতএব, মার্বেলের স্থূল-সঙ্কেত হইবে, CaO_3C অথবা $CaCO_3$।

উদাহরণ ৩। কার্বন ও হাইড্রোজেনের একটি যৌগের ভিতর কার্বনের পরিমাণ ৮৪% হইলে, পদার্থটির স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে ? [C = ১২]

পদার্থটিতে কার্বন = ৮৪% ∴ হাইড্রোজেন = ১০০ − ৮৪ = ১৬%

∴ ওজনের অনুপাত C : H = ৮৪ : ১৬

পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত C : H = $\frac{৮৪}{১২} : \frac{১৬}{১}$ = ৭ : ১৬

∴ পদার্থটির স্থূল-সঙ্কেত, C_7H_{16}।

উদাহরণ ৪। পটাসিয়াম সালফেটে শতকরা ৪৪·৮২ ভাগ পটাসিয়াম ও শতকরা ৩৬·৭৮ ভাগ অক্সিজেন আছে। উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে ? [K = ৩৯, S = ৩২, O = ১৬]

পটাসিয়াম-সালফেটে, পটাসিয়াম, সালফার ও অক্সিজেন আছে।

পটাসিয়ামের পরিমাণ = ৪৪·৮২% অক্সিজেনের পরিমাণ = ৩৬·৭৮%

∴ সালফারের পরিমাণ = ১০০ − ৪৪·৮২ − ৩৬·৭৮ = ১৮·৪%

অতএব, ওজনের অনুপাতে, K : S : O = ৪৪·৮২ : ১৮·৪ : ৩৬·৭৮

∴ পরমাণু-সংখ্যার অণুপাতে, K : S : O = $\frac{৪৪·৮২}{৩৯} : \frac{১৮·৪}{৩২} : \frac{৩৬·৭৮}{১৬}$

= ১·১৫ : ০·৫৭ : ২·২৯

ইহাদের মধ্যে সর্বাপেক্ষা ছোট রাশি, ০·৫৭। অনুপাতটি ০·৫৭ দ্বারা ভাগ করিয়া, উহাকে সরলতর করা যাইতে পারে।

∴ K : S : O = $\frac{১·১৫}{·৫৭} : \frac{·৫৭}{·৫৭} : \frac{২·২৯}{৫৭}$ = ২·০১ : ১ : ৪·০১

৪·০১ এবং ২·০১ এই সংখ্যাগুলি প্রায় পূর্ণসংখ্যার সমান। সুতরাং উহার পরিবর্তে আসন্ন পূর্ণসংখ্যা ৪ এবং ২ ধরিয়া লইতে হইবে। অতএব, পটাসিয়াম-সালফেটের স্থূল-সঙ্কেত হইবে, K_2SO_4।

উদাহরণ ৫। সোডিয়াম-ফসফেট লবণে Na = ১৯·১৬%, হাইড্রোজেন = ১·৬৬% এবং ফসফরাস = ২৫·৮৩% আছে। বাকী অংশটুকু অক্সিজেন। অনার্দ্র সোডিয়াম-ফসফেটের স্থূল-সঙ্কেত বাহির কর। [Na = ২৩, O = ১৬, P = ৩১]

সোডিয়াম-ফসফেটে অক্সিজেনের পরিমাণ

= ১০০ – ২৫·৮৩ – ১·৬৬ – ১৯·১৬ = ৫৩·৩৫%

অতএব, ওজনের অনুপাতে—

Na : H : P : O = ১৯·১৬ : ১·৬৬ : ২৫·৮৩ : ৫৩·৩৫

∴ পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে,

$$Na : H : P : O = \frac{\text{১৯·১৬}}{\text{২৩}} : \text{১·৬৬} : \frac{\text{২৫·৮৩}}{\text{৩১}} : \frac{\text{৫৩·৩৫}}{\text{১৬}}$$

·৮৩৩ : ১·৬৬ : ·৮৩৩ : ৩·৩৩৪

ইহাদের মধ্যে সবচেয়ে ছোট রাশি, ·৮৩৩। সমস্ত রাশিগুলিকে ইহার দ্বারা ভাগ করিলে অনুপাতটি হইবে :—

$$Na : H : P : O = \frac{\text{·৮৩৩}}{\text{·৮৩৩}} : \frac{\text{১·৬৬}}{\text{·৮৩৩}} : \frac{\text{·৮৩৩}}{\text{·৮৩৩}} : \frac{\text{৩·৩৩৪}}{\text{·৮৩৩}}$$

= ১ : ১·৯৯ : ১ : ৪·০১

১·৯৯ এবং ৪·০১ প্রায় পূর্ণসংখ্যার সমান বলিয়া উহাদিগকে যথাক্রমে আসন্ন পূর্ণসংখ্যা ২ এবং ৪ মনে করা যাইতে পারে। অর্থাৎ, পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত হইবে—Na : H : P : O = ১ : ২ : ১ : ৪

অতএব, সোডিয়াম-ফসফেটের স্থূল-সঙ্কেত হইবে, NaH_2PO_4।

উদাহরণ ৬। ক্লোরোফর্ম, কার্বন, হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সংযোগে উৎপন্ন। উহাতে ক্লোরিন ৮৯·১২% এবং কার্বন ১০·০৪% আছে। ক্লোরোফর্মের বাষ্প-ঘনত্ব = ৫৯·৭৫ হইলে, উহার আণবিক সঙ্কেত কি হইবে?

ক্লোরোফর্ম Cl = ৮৯·১২% C = ১০·০৪%

অতএব, হাইড্রোজেনের পরিমাণ—

H = ১০০ − ৮৯·১২ − ১০·০৪ = ০·৮৪%

ওজনের অনুপাতে, C : H : Cl = ১০·০৪ : ০·৮৪ : ৮৯·১২

অর্থাৎ, পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে,

$$C : H : Cl = \frac{১০·০৪}{১২} : \frac{০·৮৪}{১} : \frac{৮৯·১২}{৩৫·৫}$$

= ·৮৩৭ : ·৮৪ : ২·৫১

সর্বাপেক্ষা ছোট ·৮৩৭ দ্বারা রাশিগুলিকে ভাগ করিয়া অনুপাতটিকে সরলতর করিলে,

$$C : H : Cl = \frac{·৮৩৭}{·৮৩৭} : \frac{·৮৪}{·৮৩৭} : \frac{২·৫১}{·৮৩৭}$$

= ১ : ১·০০৪ : ৩ = ১ : ১ : ৩।

অতএব, ক্লোরোফর্মের স্থূল-সঙ্কেত হইবে $CHCl_3$। উহার আণবিক সঙ্কেত মনে কর, $(CHCl_3)_n$, n একটি পূর্ণসংখ্যা। এই আণবিক সঙ্কেত গ্রহণ করিলে উহার আণবিক গুরুত্ব হইবে,

$(CHCl_3)_n$ = n × ১২ + n × ১ + ৩n × ৩৫·৫

= ১১৯·৫ n।

কিন্তু উহার বাষ্প-ঘনত্ব, ৫৯·৭৫।

অর্থাৎ আণবিক গুরুত্ব = ২ × ৫৯·৭৫ = ১১৯·৫

∴ ১১৯·৫ n = ১১৯·৫ ∴ n = ১।

অর্থাৎ, ক্লোরোফর্মের আণবিক সঙ্কেত, $CHCl_3$।

উদাহরণ ৭। চিনিতে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে। উহার কার্বন ও হাইড্রোজেনের পরিমাণ, C = ৪২·১১%, H = ৬·৪৩%। চিনির স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে? [C = ১২, O = ১৬]

অক্সিজেনের পরিমাণ = ১০০ − ৪২·১১ − ৬·৪৩ = ৫১·৪৬%

অতএব ওজনের অনুপাতে,

C : H : O = ৪২·১১ : ৬·৪৩ : ৫১·৪৬

পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতে

$$C : H : O = \frac{৪২·১১}{১২} : \frac{৬·৪৩}{১} : \frac{৫১·৪৬}{১৬}$$

= ৩·৫০১ : ৬·৪৩ : ৩·২১৬

সর্বাপেক্ষা ছোট ৩·২১৬ দ্বারা ভাগ করিলে অনুপাতটি হইবে

$$C : H : O :: \frac{৩·৫০১}{৩·২১৬} : \frac{৬·৪৩}{৩·২১৬} : \frac{৩·২১৬}{৩·২১৬}$$

$$= ১·০৯ : ২·০ : ১·০$$

পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে প্রকাশ করিতে ইহাকে অন্ততঃ ১১ দ্বারা গুণ করা প্রয়োজন, তাহা হইলে

$$C : H : O = ১১·৯৯ : ২২ : ১১$$

$$= ১২ \quad : ২২ : ১১$$ (আসন্ন পূর্ণসংখ্যাতে ধরিয়া)

∴ চিনির স্থূল-সঙ্কেত হইবে, $C_{12}H_{22}O_{11}$ ।

উদাহরণ ৮। একটি গ্যাসীয় যৌগিক পদার্থ কার্বন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত। উহার বাষ্প-ঘনত্ব ২৭ এবং উহাতে শতকরা ওজনের ৮৮·৮৮ ভাগ কার্বন আছে। উহার আণবিক সঙ্কেত নির্দেশ কর।

যৌগিক পদার্থটিতে কার্বনের পরিমাণ, C = ৮৮·৮৮%

∴ উহাতে হাইড্রোজেনের পরিমাণ = ১০০ − ৮৮·৮৮ = ১১·১২%

সুতরাং উহাতে মৌল দুইটির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত হইবে :—

$$C : H :: \frac{৮৮·৮৮}{১২} : \frac{১১·১২}{১}$$

$$= ৭·৪০৭ : ১১·১২,$$

$$\frac{৭·৪০৭}{৭·৪০৭} : \frac{১১·১২}{৭·৪০৭}$$ [ছোট সংখ্যাটির দ্বারা ভাগ করিয়া]

$$১ : \frac{৩}{২} = ২ : ৩$$

অতএব, পদার্থটির স্থূল-সঙ্কেত হইবে, C_2H_3 ।

মনে কর, উহার আণবিক সঙ্কেত, $(C_2H_3)n$ (n একটি পূর্ণসংখ্যা)

অর্থাৎ, উহার আণবিক গুরুত্ব = ২n × ১২ + ৩n × ১ ।

কিন্তু উহার বাষ্প-ঘনত্ব ২৭,

সুতরাং আণবিক গুরুত্ব = ২ × ২৭ = ৫৪ ।

∴ ২n × ১২ + ৩n × ১ = ৫৪

অথবা, ২৭n = ৫৪, ∴ n = ২

∴ উহার আণবিক সঙ্কেত, $(C_2H_3)_2$ অর্থাৎ C_4H_6 ।

অনুশীলন

(১) পটাসিয়াম ক্লোরেটে উহার উপাদানগুলি নিম্নলিখিত ওজনের অনুপাতে থাকিলে উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে ? K : Cl : O = ১ : ০·৯১ : ১·২৩

(K = ৩৯, Cl = ৩৫·৫, O = ১৬)

(২) সোডিয়াম হাইড্রোজেন সালফেটের উপাদানগুলির ওজনের অনুপাত :—
Na : H : S : O = ১·৯২ : ০·০৮৩ : ২·৬৭ : ৫·৩৩ ; উহার স্থূল-সঙ্কেত বাহির কর।

[Na = ২৩, S = ৩২, O = ১৬]

(৩) জিঙ্ক সালফাইডে সালফারের ওজনের পরিমাণ শতকরা ৩৩ ভাগ হইলে উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে ? [Zn = ৬৫, S = ৩২]

(৪) একটি লেড অক্সাইডে দেখা গেল লেডের পরিমাণ ৯০·৬৬%। অক্সাইডটির স্থূল-সঙ্কেত নির্ণয় কর। [Pb = ২০৭·২, O = ১৬]

(৫) ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটে ম্যাগনেসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেন আছে। উহাতে ম্যাগনেসিয়াম ও কার্বনের পরিমাণ, Mg = ২৮·৫৭%, C = ১৪·২৮%। ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের স্থূল-সঙ্কেত বাহির কর।

[Mg = ২৪, C = ১২, O = ১৬]

(৬) কার্বন, অক্সিজেন ও ক্লোরিন সংযোগে উৎপন্ন একটি পদার্থে O = ১৬·১৬% এবং C = ১২·১২% আছে, উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে ? [C = ১২, O = ১৬, Cl = ৩৫·৫]

(৭) সোডিয়াম, বোরন ও অক্সিজেনের দ্বারা গঠিত একটি যৌগিক পদার্থে Na = ২২·৮৬% এবং B = ২১·৪২% আছে। উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে ?

[Na = ২৩, B = ১০·৮, O = ১৬]

(৮) সিলিসিক অ্যাসিডে সিলিকন, অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন যুক্ত আছে। সিলিকন ও অক্সিজেনের ওজনের পরিমাণ, Si = ৩৫·৯% এবং O = ৬১·৫৪%। সিলিসিক অ্যাসিডের স্থূল-সঙ্কেত বাহির কর। [Si = ২৮, O = ১৬]

(৯) জিঙ্ক ফসফেটে Zn = ৫০·৬৫%, P = ১৬·১০%, এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন থাকে। উহার স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে ? [Zn = ৬৫, P = ৩১, O = ১৬]

(১০) সোডিয়াম আয়োডেট যৌগটিতে Na = ১১·৬৫%, I = ৬৪·১৪% এবং O = ২৪·২১% আছে। উহার স্থূল-সঙ্কেত বাহির কর। [Na = ২৩, I = ১২৭, O = ১৬]

(১১) কার্বন ও নাইট্রোজেন দ্বারা গঠিত সায়নোজেন গ্যাসে শতকরা ৪৬·১৫ ভাগ কার্বন থাকে। সায়নোজেনের বাষ্প-ঘনত্ব ২৬ হইলে, উহার আণবিক সঙ্কেত কি হইবে ? [C = ১২, N = ১৪]

(১২) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযোগে গঠিত একটি কোহলে ৩৮·৭১% ভাগ কার্বন এবং ৫১·৬১% ভাগ অক্সিজেন আছে। উহার বাষ্প-ঘনত্ব ৩১। কোহলটির আণবিক সঙ্কেত কি ?

[C = ১২, O = ১৬]

(১৩) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের দ্বারা গঠিত একটি যৌগের উপাদানগুলির ওজনের পরিমাণ, C = ৫৪·৫৪%, H = ৯·০৯%, O = ৩৬·৩৭%।

পদার্থটির আণবিক গুরুত্ব ১৩২। উহার আণবিক সঙ্কেত বাহির কর।

(১৪) অ্যাসেটিক অ্যাসিডে ৫৩·৩৩% অক্সিজেন এবং ৪০·০% কার্বন আছে। বাকীটুকু হাইড্রোজেন। উহার আণবিক গুরুত্ব ৬০। অ্যাসেটিক অ্যাসিডের আণবিক সঙ্কেত কি ?

(১৫) ন্যাপথালিনের ভিতর ৯৩·৭৫% ভাগ কার্বন আছে। বাকীটুকু হাইড্রোজেন। উহার বাষ্প-ঘনত্ব ৬৪। ন্যাপথালিনের আণবিক সঙ্কেত কি হইবে ?

(১৬) কিউপ্রাস ক্লোরাইডের আণবিক গুরুত্ব ১৯৭। উহাতে কপারের অংশ ৬৩·৯৬%। উহার আণবিক সঙ্কেত কি ? [Cu = ৬৩, Cl = ৩৫·৫]

(১৭) অনার্দ্র ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের সঙ্কেত $MgSO_4$। উহার সোদক স্ফটিকে ৫১·২২% জল আছে। সোদক ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের সঙ্কেত কি হইবে ?

[Mg = ২৪, S = ৩২, O = ১৬]

(১৮) অ্যালাম K_2SO_4 এবং $Al_2(SO_4)_3$ এর যুত-যৌগিক। উহার স্ফটিকে ৪৫·৫৭% ভাগ জল বর্তমান। অ্যালামের স্ফটিকের সঙ্কেত নির্ণয় কর।

[K = ৩৯, S = ৩২, O = ১৬, Al = ২৭]

(১৯) ১·২৪৫ গ্রাম কপার সালফেটের সোদক স্ফটিক উত্তপ্ত করিয়া জল দূরীভূত করিলে ০·৭৯৫ গ্রাম অনার্দ্র $CuSO_4$ পাওয়া যায়। সোদক কপার সাল্‌ফেটের অণুতে কয়টি জলের অণু সংশ্লিষ্ট থাকে ? [Cu = ৬৩, S = ৩২, O = ১৬]

(২০) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সোদক স্ফটিক উত্তপ্ত করিলে উহার প্রতি গ্রাম হইতে ০·৪৯৩ গ্রাম জল উড়িয়া যায়। সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সঙ্কেত লিখ।

[Ca = ৪০, Cl = ৩৫·৫, O = ১৬]

(২১) লৌহের দুইটি সোদক ক্লোরাইডের উপাদানগুলির অনুপাত নিম্নে দেওয়া হইল :—

(ক) Fe = ২৮·১৪% ; Cl = ৩৫·৬৮% , H_2O = ৩৬·১৮%

(খ) Fe = ২০·৭৪% , Cl = ৩৯·৩৭% , H_2O = ৩৯·৮৯%

উহাদের সঙ্কেত নির্ধারণ কর।

[Fe = ৫৬, Cl = ৩৫·৫, O = ১৬]

(২২) সিলভার ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়ার একটি যুত-যৌগিকে, অ্যামোনিয়া = ১৫·০৮৮%, সিলভার = ৬৩·৯০% এবং ক্লোরিন = ২১·০১২% আছে। উহার সঙ্কেত কি ?

[Ag = ১০৮, Cl = ৩৫·৫, N = ১৪]

(২৩) সোডার স্ফটিকে জলীয় অংশ শতকরা ১৪·৫২ ভাগ এবং মোট অক্সিজেন ও কার্বনের অংশ যথাক্রমে O = ৫১·৬১% এবং C = ৯·৬৮%। সোদক সোডার সঙ্কেত নির্ণয় কর। [Na = ২৩, C = ১২, O = ১৬]

(২৪) ক্যাসিটেরাইট নামক টিনের আকরিকে মাত্র ৮% টিন-জাত অক্সাইড আছে, ২৫ গ্রাম আকরিক হইতে ১·৫৭৬ গ্রাম টিন পাওয়া যায়। টিন-অক্সাইডের স্থুল-সঙ্কেত কি হইবে ?

[Sn = ১১৮]

(২৫) একটি যৌগিকের উপাদানসমূহের পরিমাণ :

S = ৩৯%, H = ২·৪৮%, O = ৫৮·৫২%

উহার স্থুল-সঙ্কেত বাহির কর।

(২৬) কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত একটি যৌগপদার্থে C = ৪০% এবং হাইড্রোজেন = ৬·৬৭% আছে। ইহার আণবিক গুরুত্ব ১৮০। পদার্থটির আণবিক সঙ্কেত নির্ণয় কর। (কলিকাতা)

(২৭) একটি সোদক স্ফটিক অনার্দ্র করিলে উহার ওজন শতকরা ৪৫·৬ ভাগ কমিয়া যায়। অনার্দ্র স্ফটিকের বিশ্লেষণে দেখা যায়, উহাতে Al=১০·৫%, K=১৫·১%, S=২৪·৮% এবং O=৪৯·৬% আছে। সোদক ও অনার্দ্র পদার্থটির স্থূল-সঙ্কেত কি হইবে? (এলাহাবাদ)

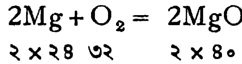
(২৮) সালফার, ক্লোরিন ও অক্সিজেনে গঠিত একটি যৌগপদার্থে S=২৩·৭৬% এবং Cl=৫২·৫৪% আছে। পদার্থটির বাষ্প-ঘনত্ব=৬৮। উহার আণবিক সঙ্কেত বাহির কর। (বোম্বাই)

(২৯) সিলিকন ক্লোরাইডে ১৬·৪৭ শতাংশ সিলিকন আছে। উহার বাষ্প-ঘনত্ব ৮৫। সিলিকনের পারমাণবিক গুরুত্ব কত।

(৩০) একটি দ্বিযৌগিক লবণের বিশ্লেষণে দেখা গেল, K=১৭·৮, Ni=১৩·৫, SO_4=৪৪ এবং H_2O=২৪·৭ শতাংশ আছে। লবণটির সঙ্কেত কি হইবে? [K=৩৯, Ni=৫৮·৭]

৩। বিক্রিয়ক-পদার্থ অথবা উৎপন্ন-পদার্থের ওজন নির্ধারণ—

কোন নির্দিষ্ট রাসায়নিক পরিবর্তনে কতখানি পদার্থ প্রয়োজন, অথবা নির্দিষ্ট পরিমাণ বিক্রিয়ক হইতে কি পরিমাণ পদার্থ উৎপন্ন হয় উহা সমীকরণ সাহায্যে সহজেই বাহির করা যায়। যেমন; ম্যাগনেসিয়ামকে পোড়াইলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।



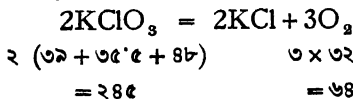
$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

২ × ২৪ ৩২ ২ × ৪০

অর্থাৎ ওজনের হিসাবে, ৪৮ ভাগ ম্যাগনেসিয়ামের জারণে ৩২ ভাগ অক্সিজেন প্রয়োজন এবং উহা হইতে ৮০ ভাগ ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। সুতরাং বলা যাইতে পারে, ৪৮ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম হইতে ৮০ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। অথবা, ৮০ সের ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড প্রস্তুত করিতে ৪৮ সের ম্যাগনেসিয়াম ধাতু পোড়ান দরকার।

সমীকরণ হইতে এইভাবে বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন দ্রব্যের পরস্পরের ওজনের সম্পর্ক জানা যায়।

উদাহরণ। (১) ৫ গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুত করিতে কতখানি পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রয়োজন?



$$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$$

২ (৩৯ + ৩৫·৫ + ৪৮) ৩ × ৩২

= ২৪৫ = ৯৬

অর্থাৎ, ৯৬ গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ২৪৫ গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন।

∴ ৫ গ্রাম অক্সিজেন প্রস্তুতিতে $\frac{২৪৫ \times ৫}{৯৬}$ গ্রাম

= ১২·৭ গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন।

(২) এক সের ফেরাস সালফেট হইতে কতখানি ফেরিক অক্সাইড পাওয়া যায়? [Fe = ৫৬, S = ৩২]



$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

$2FeSO_4$ = ২ × [৫৬ + ৩২ + ৬৪] = ৩০৪

Fe_2O_3 = ২ × ৫৬ + ৩ × ১৬ = ১৬০

∴, ৩০৪ সের ফেরাস সালফেট হইতে ১৬০ সের Fe_2O_3 পাওয়া যায়।

১ সের ফেরাস সালফেট হইতে $\frac{১৬০}{৩০৪}$ সের = ০·৫২৬ সের Fe_2O_3 পাওয়া যায়

(৩) দুই পাউণ্ড লেড-মনোক্সাইড প্রস্তুত করিতে কতখানি লেড-ধাতু প্রয়োজন হইবে? [Pb = ২০৮]



$$2Pb + O_2 = 2PbO$$

২ × ২০৮ = ৪১৬ ২(২০৮ + ১৬) = ৪৪৮

অর্থাৎ, ৪৪৮ পাউণ্ড লেড-মনোক্সাইডের জন্য ৪১৬ পাউণ্ড লেড প্রয়োজন

$\frac{৪১৬ \times ২}{৪৪৮}$

= ১·৮৬ পাউণ্ড।

(৪) এক কিলোগ্রাম ডলোমাইট আকরিক উত্তপ্ত করিলে ওজনের কি পরিমাণ হ্রাস হইবে? [Ca = ৪০, Mg = ২৪]



$$CaCO_3,MgCO_3 = CaO + MgO + 2CO_2$$

১০০ + ৮৪ = ১৮৪ (৫৬ + ৪০) = ৯৬

কার্বন-ডাই-অক্সাইড গ্যাস অবস্থায় উড়িয়া যাওয়ার ফলে ওজনের হ্রাস হইবে।

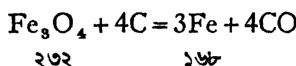
অর্থাৎ ১৮৪ গ্রাম ডলোমাইট বিযোজিত হইলে ৯৬ গ্রাম অক্সাইড থাকিবে।

∴ ১০০০ গ্রাম ডলোমাইট বিযোজিত হইলে $\frac{৯৬ \times ১০০০}{১৮৪}$ গ্রাম = ৫২১·৭ গ্রাম অক্সাইড থাকিবে।

∴ ওজনের হ্রাস ১০০০ − ৫২১·৭ = ৪৭৮·৩ গ্রাম।

(৫) একটি ম্যাগনেটাইট আকরিকে শতকরা ৬০ ভাগ ফেরাসো-ফেরিক

অক্সাইড আছে। এই আকরিকের পাঁচ শত মণ হইতে কতটা লৌহ পাওয়া যাইতে পারে? [Fe = ৫৬]



$$Fe_3O_4 + 4C = 3Fe + 4CO$$
২৩২ ১৬৮

৫০০ মণ আকরিকে বস্তুতঃ আয়রন অক্সাইডের পরিমাণ = $\frac{৫০০ \times ৬০}{১০০}$

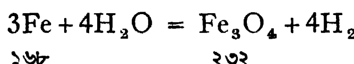
= ৩০০ মণ।

দেখা যাইতেছে, ২৩২ মণ অক্সাইড হইতে ১৬৮ মণ লৌহ পাওয়া সম্ভব।

∴ ৩০০ মণ অক্সাইড হইতে $\frac{১৬৮ \times ৩০০}{২৩২}$............মণ লৌহ পাওয়া যায়

= ২১৭'২ মণ।

(৬) এক মণ লৌহচুরের উপর দিয়া স্টীম পরিচালিত করিলে উৎপন্ন আয়রন-অক্সাইড কতখানি পাওয়া যাইবে? [Fe = ৫৬]



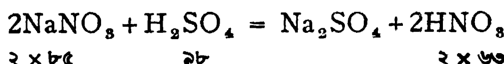
$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$
১৬৮ ২৩২

অর্থাৎ ১৬৮ মণ লৌহ হইতে ২৩২ মণ আয়রন অক্সাইড পাওয়া যায়,

১ মণ.................. $\frac{২৩২}{১৬৮}$ মণ

= ১'৩৮ মণ।

(৭) চিলির নাইট্রেটে শতকরা ৯২ ভাগ $NaNO_3$ থাকে। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে শতকরা ৯৬ ভাগ অ্যাসিড আছে। ২০ পাউণ্ড নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণে উক্ত নাইট্রেট ও সালফিউরিক অ্যাসিড লইতে হইবে? [Na = ২৩, N = ১৪, S = ৩২]



$$2NaNO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HNO_3$$
২ × ৮৫ ৯৮ ২ × ৬৩

অর্থাৎ, ১২৬ পাউণ্ড নাইট্রিক অ্যাসিডের জন্য ১৭০ পাউণ্ড $NaNO_3$ এবং ৯৮ পাউণ্ড H_2SO_4 প্রয়োজন।

∴ ২০ পাউণ্ড নাইট্রিক অ্যাসিডের জন্য $\frac{১৭০ \times ২০}{১২৬}$ পাউণ্ড $NaNO_3$ এবং $\frac{৯৮ \times ২০}{১২৬}$ পাউণ্ড H_2SO_4 প্রয়োজন। কিন্তু ৯২ পাউণ্ড $NaNO_3$ ১০০ পাউণ্ড চিলি-নাইট্রেট হইতে পাওয়া যায়

∴ $\frac{১৭০ \times ২০}{১২৬}$ পাউণ্ড $NaNO_3$ $\frac{১০০ \times ১৭০ \times ২০}{১২৬ \times ৯২}$ পাউণ্ড চিলি-নাইট্রেট হইতে পাওয়া যায়

= ২৯.৩ পাউণ্ড চিলি-নাইট্রেট।

এবং, ৯৬ পাউণ্ড H_2SO_4 ১০০ পাউণ্ড অ্যাসিড হইতে পাওয়া যায়

∴ $\frac{৯৮ \times ২০}{১২৬}$ পাউণ্ড H_2SO_4 $\frac{১০০}{৯৬} \times \frac{৯৮ \times ২০}{১২৬}$ পাউণ্ড অ্যাসিড হইতে পাওয়া যায়।

= ১৬.২ পাউণ্ড অ্যাসিড

(৮) সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্লোরিন উৎপন্ন করা হইল। ক্যালসিয়াম কার্বনেট হইতে উদ্ভূত চুনের দ্রবণে উহা শোষণ করাইয়া ক্যালসিয়াম ক্লোরেট প্রস্তুত করা হইল। ৮২৮ গ্রাম ক্যালসিয়াম ক্লোরেট প্রস্তুত করিতে কতটা সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত করা প্রয়োজন হইবে ?

[Ca = ৪০, Cl = ৩৫.৫, Na = ২৩]

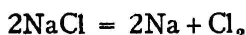
$$6Ca(OH)_2 + 6Cl_2 = 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$$



অর্থাৎ, ২০৭ গ্রাম $Ca(ClO_3)_2$ প্রস্তুতিতে ৪২৬ গ্রাম Cl_2 প্রয়োজন।

∴ ৮২৮ গ্রাম $Ca(ClO_3)_2$ প্রস্তুতিতে $\frac{৪২৬ \times ৮২৮}{২০৭}$ গ্রাম Cl_2 = ১৭০৪ গ্রাম Cl_2 প্রয়োজন।

$$2NaCl = 2Na + Cl_2$$



অর্থাৎ ৭১ গ্রাম Cl_2 প্রস্তুতিতে ১১৭ গ্রাম NaCl প্রয়োজন।

∴ ১৭০৪ গ্রাম Cl_2 প্রস্তুতিতে $\frac{১১৭ \times ১৭০৪}{৭১}$ গ্রাম NaCl = ২৮০৮ গ্রাম NaCl প্রয়োজন।

∴ ৮২৭ গ্রাম $Ca(ClO_3)_2$ প্রস্তুত করিতে ২৮০৮ গ্রাম NaCl বিশ্লেষিত করা দরকার হইবে।

অনুশীলন

১। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রত্যেকটির ১০ গ্রাম করিয়া লইয়া পৃথকভাবে খুব উত্তপ্ত করিলে কি কি গ্যাস এবং কত পরিমাণে পাওয়া যাইবে ?

(১) পটাসিয়াম ক্লোরেট, (২) লেড-নাইট্রেট, (৩) ফেরাস সালফেট, (৪) অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট।

২। ১'৩২ কিলোগ্রাম কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রয়োজন। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির কোন্‌টি কি পরিমাণে লইলে উক্ত গ্যাস পাওয়া যাইতে পারে ?

(১) কার্বন, (২) সোডিয়াম-বাই-কার্বনেট, (৩) কার্বন মনোক্সাইড, এবং (৪) লেড-কার্বনেট।

৩। ৬৩ মণ সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে কত মণ সালফার পোড়ান প্রয়োজন হইবে ?

৪। ১৮ গ্রাম স্টীম উত্তপ্ত লৌহের উপর পরিচালিত করিলে কতখানি আয়রন অক্সাইড পাওয়া যাইবে ? (কলিকাতা)

৫। ২৯ গ্রাম কস্টিক সোডা লঘু দ্রবণে লইয়া উহাতে শীতল অবস্থায় ক্লোরিন গ্যাস পরিচালিত করিলে কি কি পদার্থ কত পরিমাণে উৎপন্ন হইবে ? (কলিকাতা)

৬। ৫০০ গ্রাম বাতাসের সমস্ত অক্সিজেন দূর করিতে কতটা ফসফরাস পোড়াইতে হইবে ? অবশিষ্ট গ্যাসের ওজন কত হইবে ? বাতাসে ওজনের অনুপাতে শতকরা ২৩ ভাগ অক্সিজেন আছে। (কলিকাতা)

৭। একটি কপার-সালফেটের দ্রবণে জিঙ্ক মিশাইলে ২.১ গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত হইল। এই বিক্রিয়াতে কতটুকু জিঙ্ক সালফেট উৎপন্ন হইল ? [Cu = ৬৩, Zn = ৬৫]

৮। সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে খানিকটা কপার-চূর্ণ মিশাইলে ০'২৬ গ্রাম সিলভার অধঃক্ষিপ্ত হইল। কি পরিমাণ কপার ইহাতে দ্রবীভূত হইল ? [Ag = ১০৮, Cu = ৬৩]

৯। ৫ গ্রাম পটাসিয়াম আয়োডাইডের সমস্তটুকু আয়োডিন নিষ্কাশিত করিতে কতখানি H_2O_2 প্রয়োজন ?

১০। ৫০ মণ অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করিতে কতখানি সালফিউরিক অ্যাসিড দরকার ? এই পরিমাণ সালফিউরিক অ্যাসিড যদি পাইরাইটস হইতে তৈয়ারী করা হয় তবে কত পাইরাইটস প্রয়োজন হইবে ?

[পাইরাইটস = FeS_2 , S = ৩২, Fe = ৫৬, N = ১৪]

১১। ৪'২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত করিতে কতখানি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রয়োজন হইবে ?

১২। একটি কপারের আকরিকে শতকরা ৫০ ভাগ কিউপ্রাস সালফাইড আছে। এই আকরিকের ১০০ গ্রাম হইতে কতটা কপার পাওয়া যাইবে ? (এলাহাবাদ)

১৩। ৭'২ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম দ্রবীভূত করিতে যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রয়োজন তাহা কি পরিমাণ সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে পাওয়া যাইবে ?

১৪। ৬০ গ্রাম $KClO_3$ হইতে যে অক্সিজেন পাওয়া গেল উহাকে জিঙ্ক ও সালফিউরিক

অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সহিত সংযোজিত করিয়া জলে পরিণত করা হইল। ইহাতে কি পরিমাণ জিঙ্ক ব্যয় হইল ? (কলিকাতা)

১৫। ১০০ গ্রাম হাইড্রোজেনকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে পরিণত করিতে যে ক্লোরিন প্রয়োজন উহা প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ MnO_2 দরকার হইবে ? (Mn = ৫৫)

১৬। ৫ মণ ক্যালসিয়াম সায়নামাইড প্রস্তুতিতে যে পরিমাণ কার্বাইড দরকার উহার জন্য কতটা চুন প্রয়োজন হইবে ?

১৭। একটি জিঙ্ক-উৎপাদনের কারখানায় প্রতি সপ্তাহে ১৫০ শত মণ জিঙ্কব্লেণ্ড ব্যবহৃত হয়। আকরিকের মাত্র শতকরা ৪০ ভাগ জিঙ্ক-সালফাইড। এই কারখানায় সপ্তাহে কতটা কোক বিজারক হিসাবে প্রয়োজন হয় ?

১৮। ৬·৪ গ্রাম সালফার পোড়াইয়া যে পরিমাণ SO_2 পাওয়া যায় উহার সমপরিমাণ SO_2 কপার ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে তৈয়ারী করিতে কতখানি অ্যাসিড প্রয়োজন হইত ?

১৯। ১৩·৪ গ্রাম লেড কার্বনেট হইতে যে পরিমাণ লেড মনোক্সাইড পাওয়া যায় উহা লেড নাইট্রেট হইতে উৎপন্ন করিতে কত পরিমাণ লেড নাইট্রেট প্রয়োজন হইবে ?

২০। ১০ গ্রাম চকের সহিত সমপরিমাণ ওজন H_2SO_4 মিশাইলে কতখানি ক্যালসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হইবে ?

২১। ৬০ গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও ৪০ গ্রাম চুন একত্র উত্তপ্ত করিলে কতখানি অ্যামোনিয়া পাওয়া যাইবে ?

২২। ৮·৪ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের সহিত ৯ গ্রাম সালফিউরিক মিশাইলে উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম সালফেটের পরিমাণ কত হইবে ?

২৩। একটি অবিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইডের ৫ গ্রাম পরিমাণ লবণ জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ মিশান হইল। ১২·৮ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইল। সোডিয়াম ক্লোরাইডে আবর্জনার পরিমাণ শতকরা কত ভাগ ছিল ?

২৪। একটি সিলভারের আকরিকে শতকরা ১·২ ভাগ সিলভার আছে। চিলির নাইটারে শতকরা ৮৮ ভাগ সোডিয়াম নাইট্রেট থাকে। নাইটার হইতে উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা ১০০ মণ আকরিকের সিলভারকে সম্পূর্ণরূপে সিলভার নাইট্রেটে পরিণত করিতে কত মণ নাইটার প্রয়োজন হইবে।

২৫। কপার ও সিলভারের এক গ্রাম পরিমাণ একটি সঙ্কর ধাতুকে দ্রবীভূত করিতে ২·০৬ গ্রাম গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। সঙ্করের ভিতর ধাতু দুইটির ওজনানুপাত নির্ণয় কর।

২৬। ১·০৬ গ্রাম পরিমাণ CaO এবং $CaCO_3$-এর মিশ্রণকে দ্রবীভূত করিতে ১·৪৭ গ্রাম H_2SO_4 প্রয়োজন হইলে মিশ্রণটিতে কার্বনেট শতকরা কত ভাগ ছিল ?

২৭। ১·২৫ গ্রাম ওজনের কপার এবং কিউপ্রিক অক্সাইডের একটি মিশ্রণকে হাইড্রোজেন গ্যাসে বিজারিত করিয়া ১·০৪৯ গ্রাম কপার পাওয়া গেল। মিশ্রণটিতে কপারের অনুপাত কিরূপ ছিল ? [Cu = ৬৩]

২৮। ৫০ গ্রাম লৌহকে অ্যামোনিয়াম ফেরিক অ্যালামে পরিণত করিতে কি পরিমাণ

অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রয়োজন হইবে ? [Fe = ৫৬, S = ৩২, N = ১৪] ঐ ফেরিক অ্যালামের সঙ্কেত, $(NH_4)_2SO_4,Fe_2(SO_4)_3,24H_2O$.

২৯। ০·৩ গ্রাম খনিজ খাদ্যলবণ জলে দ্রবীভূত করিয়া অতিরিক্ত $AgNO_3$ দেওয়াতে ০·৭০ গ্রাম AgCl অধঃক্ষেপ দেয়। খনিজটিতে খাদ্যলবণের অনুপাত কত ?

৩০। পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও ক্লোরেটের ১২ গ্রাম একটি মিশ্রণ তাপিত করার পর ৮·০৮ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড পড়িয়া রহিল। মিশ্রণটিতে ক্লোরেট কত শতাংশ ছিল ?

৩১। KCl এবং NaClএর ১·৮৭৩ গ্রাম একটি মিশ্রণ হইতে ৩·৭৩১ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড পাওয়া গেল। মিশ্রণটিতে কতটুকু সোডিয়াম ক্লোরাইড ছিল ?

৩২। ৪ গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট ও বাইকার্বনেট মিশ্রণ তাপিত করাতে ০·৪৬৪ ওজনের হ্রাস হইল। মিশ্রণটিতে সোডিয়াম কার্বনেটের অনুপাত কত ?

৩৩। KCl এবং KIএর খানিকটা মিশ্রণ পটাসিয়াম সালফেটে পরিণত করিলে দেখা গেল ওজনের কোন তারতম্য ঘটে নাই। মিশ্রণে আয়োডাইড এবং ক্লোরাইড কি অনুপাতে ছিল ?

৩৪। ৮ গ্রাম MnO_2 সাহায্যে HCl হইতে ক্লোরিন উৎপাদন করিয়া উহাকে KI-দ্রবণে পরিচালনা করিলে কতটা আয়োডিন পাওয়া যাইবে ?

৪। বিক্রিয়ক অথবা বিক্রিয়াজাত পদার্থের আয়তন-নির্ধারণ—

পূর্ববর্তী অনুচ্ছেদে আমরা রাসায়নিক বিক্রিয়াতে যে সকল পদার্থ অংশ গ্রহণ করে এবং উৎপন্ন হয়, তাহাদের ওজন কি ভাবে নিরূপণ করা যায় তাহাই আলোচনা করিয়াছি। কিন্তু বিক্রিয়ক অথবা বিক্রিয়াজাত পদার্থ যদি গ্যাসীয় হয় তাহা হইলে উহাদের ওজনের পরিবর্তে আয়তন নির্ধারণ অধিক প্রয়োজন।

এইরূপ গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন নিরূপণ করিতে হইলে তিনটি বিষয় মনে রাখিতে হইবে :—

(১) সমীকরণ সাহায্যে কি পরিমাণ পদার্থ বিক্রিয়াতে অংশগ্রহণ করে বা উৎপন্ন হয় তাহার ওজন স্থির করিতে হইবে।

(২) প্রতি গ্রাম-অণু পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থায় প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় ২২·৪ লিটার আয়তন থাকে। এই নিয়মের দ্বারা যে কোন পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন স্থির করা যাইবে।

(৩) গ্যাসটি যদি প্রমাণ অবস্থায় না থাকে, তবে গ্যাস-সমীকরণ $\frac{PV}{T} = \frac{P'V'}{T'}$ সাহায্যে উহাকে প্রমাণ-অবস্থার আয়তনে পরিবর্তিত করা যাইবে।

উদাহরণ ১। ১০ গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেট বিযোজিত করিয়া প্রমাণ-অবস্থায় কত লিটার অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ? [K = ৩৯]



$$2KNO_3 = 2KNO_2 + O_2$$

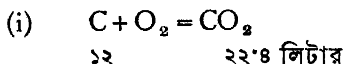
২ × ১০১ ২২·৪ লিটার

অর্থাৎ প্রমাণাবস্থায় ২০২ গ্রাম নাইট্রেট হইতে ২২·৪ লিটার O_2 পাওয়া যায়

∴ " ১০ গ্রাম " " $\frac{২২·৪ \times ১০}{২০২}$ " " " "

= ১·১০৯ লিটার।

উদাহরণ ২। কার্বন পোড়াইয়া অথবা ক্যালসিয়াম কার্বনেট উত্তপ্ত করিয়া কার্বন-ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করা যায়। ৩৩·৬ লিটার কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে হইলে উপরোক্ত পদার্থের কোন্‌টি কত পরিমাণ প্রয়োজন হইবে? [Ca = ৪০]



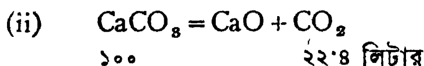
(i) $C + O_2 = CO_2$

১২ ২২·৪ লিটার

অর্থাৎ ২২·৪ লিটার CO_2 প্রস্তুতিতে ১২ গ্রাম কার্বন প্রয়োজন।

∴ ৩৩·৬ " CO_2 " $\frac{১২ \times ৩৩·৬}{২২·৪}$ " "

= ১৮ গ্রাম কার্বন।



(ii) $CaCO_3 = CaO + CO_2$

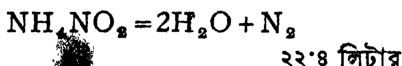
১০০ ২২·৪ লিটার

∴ ২২·৪ লিটার CO_2 প্রস্তুতিতে ১০০ গ্রাম $CaCO_3$ প্রয়োজন।

∴ ৩৩·৬.................................... $\frac{১০০ \times ৩৩·৬}{২২·৪}$......

= ১৫০ গ্রাম $CaCO_3$

উদাহরণ ৩। ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ৫ লিটার নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিতে কতটা অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট প্রয়োজন হইবে?



$$NH_4NO_2 = 2H_2O + N_2$$

২২·৪ লিটার

উক্ত নাইট্রোজেনের প্রমাণ অবস্থার আয়তন V লিটার হইলে, $\frac{PV}{T} = \frac{P'V'}{T'}$

অথবা $\frac{৭৫০ \times ৫}{২৭৩ + ২৭} = \frac{৭৬০ \times V}{২৭৩}$

∴ $V = \frac{৭৫০ \times ৫ \times ২৭৩}{৩০০ \times ৭৬০}$ লিটার (প্রমাণাবস্থায়)

কিন্তু প্রমাণাবস্থায় ২২'৪ লিটার N_2 প্রস্তুতিতে ৬৪ গ্রাম NH_4NO_2 প্রয়োজন

∴ $\frac{৭৫০ \times ৫ \times ২৭৩}{৩০০ \times ৭৬০}$ " " " $\frac{৬৪ \times ৭৫০ \times ৫ \times ২৭৩}{২২'৪ \times ৩০০ \times ৭৬০}$ গ্রাম " প্রয়োজন

= ১২'৮৩ গ্রাম NH_4NO_2।

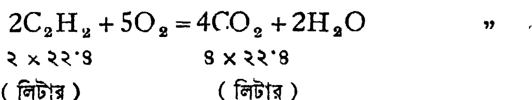
উদাহরণ ৪। ৯৬ গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বাইড হইতে উৎপন্ন অ্যাসিটিলীন গ্যাসকে পোড়াইয়া যে কার্বন-ডাই-অক্সাইড পাওয়া যাইবে ২৭° সেন্টিগ্রেডে এবং ৭৪০ মিলিমিটার চাপে তাহার আয়তন কত হইবে ?

$$CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$$
৬৪ ২২'৪ লিটার

প্রমাণ-অবস্থায় ৬৪ গ্রাম CaC_2 ২২'৪ লিটার অ্যাসিটিলীন উৎপাদন করে

∴ ৯৬ গ্রাম CaC_2 $\frac{২২'৪ \times ৯৬}{৬৪}$ লিটার অ্যাসিটিলীন উৎপাদন করে

= ৩৩'৬ লিটার অ্যাসিটিলীন।



$$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$$
২ × ২২'৪ (লিটার) ৪ × ২২'৪ (লিটার)

অর্থাৎ, প্রমাণাবস্থায় ২ × ২২'৪ লিটার C_2H_2 হইতে ৪ × ২২'৪ লিটার CO_2 পাওয়া যায়

অথবা............১ লিটার C_2H_2 হইতে ২ লিটার CO_2 পাওয়া যায়

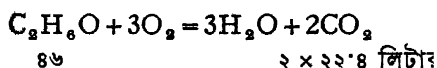
অতএব............৩৩'৬...... ....৬৭'২ লিটার......

এই উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ২৭° সেন্টি এবং ৭৪০ মি. মি. চাপে আয়তন যদি V ধরা হয়, তাহা হইলে

$$\frac{৭৪০ \times V}{২৭৩ + ২৭} = \frac{৭৬০ \times ৬৭'২}{২৭৩}$$

∴ $V = \frac{৭৬০ \times ৬৭'২}{২৭৩} \times \frac{৩০০}{৭৪২}$ লিটার = ৭৫'৮৪ লিটার।

উদাহরণ ৫। তরল কোহলের সঙ্কেত C_2H_6O এবং উহার ঘনত্ব ০'৯২। ১২৫ ঘন সেন্টিমিটার তরল কোহল পোড়াইয়া প্রমাণাবস্থায় কত লিটার কার্বন-ডাই-অক্সাইড পাওয়া যাইবে ?



$$C_2H_6O + 3O_2 = 3H_2O + 2CO_2$$

৪৬ ২ × ২২·৪ লিটার

১২৫ ঘন সেন্টিমিটার তরল কোহলের ওজন = ১২৫ × ·৯২ গ্রাম। কিন্তু প্রমাণ-অবস্থায় ৪৬ গ্রাম কোহল হইতে ২ × ২২·৪ লিটার CO_2 পাওয়া যায়।

∴ প্রমাণ-অবস্থায় ১২৫ × ·৯২ গ্রাম কোহল হইতে $\frac{২ \times ২২·৪ \times ১২৫ \times ·৯২}{৪৬}$ লিটার CO_2 পাওয়া যায়

= ১১২ লিটার CO_2।

উদাহরণ ৬। একটি লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ওজনের অনুপাতে শতকরা ৬৫ ভাগ অ্যাসিড আছে এবং উহার ঘনত্ব = ১·৫৬। এই অ্যাসিডের তিন লিটার যদি ২৫০০ গ্রাম জিঙ্কের সহিত মিশান হয় তবে ২৭° সেন্টিগ্রেডে এবং প্রমাণ চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন কত হইবে ? [Zn = ৬৫]

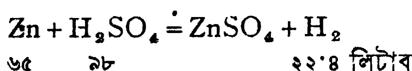
তিন লিটার অ্যাসিডের ওজন = ৩০০০ × ১·৫৬ = ৪৬৮০ গ্রাম

এই অ্যাসিডে শতকরা ৬৫ ভাগ H_2SO_4 আছে

অর্থাৎ ১০০ গ্রাম অ্যাসিডে H_2SO_4 আছে ৬৫ গ্রাম

∴ ৪৬৮০ গ্রামে H_2SO_4 অ্যাসিডের পরিমাণ, $\frac{৬৫ \times ৪৬৮০}{১০০}$ গ্রাম

= ৩০৪২ গ্রাম।



$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

৬৫ ৯৮ ২২·৪ লিটার

অর্থাৎ ৯৮ গ্রাম H_2SO_4-এর জন্য ৬৫ গ্রাম Zn প্রয়োজন

∴ ৩০৪২ গ্রাম H_2SO_4এর জন্য $\frac{৬৫ \times ৩০৪২}{৯৮}$ গ্রাম Zn প্রয়োজন

= ২০১৭·৬ গ্রাম Zn।

কিন্তু উহাতে ২৫০০ গ্রাম Zn আছে। অতএব এই বিক্রিয়াতে সম্পূর্ণ অ্যাসিড (H_2SO_4) সালফেটে পরিবর্তিত হইয়া যাইবে।

প্রমাণ-অবস্থায় ৯৮ গ্রাম H_2SO_4 হইতে ২২·৪ লিটার H_2 পাওয়া যায়

∴ ৩০৪২........ .... $\frac{২২·৪ \times ৩০৪২}{৯৮}$ লিটার......

= ৬৯৫·৩ লিটার H_2।

এই H_2এর আয়তন, ২৭° উষ্ণতায় এবং প্রমাণ চাপে যদি V হয় তাহা হইলে, $\frac{V \times ৭৬০}{৩০০} = \frac{৬৯৫\cdot৩ \times ৭৬০}{২৭৩}$

$$\therefore \quad V = \frac{৬৯৫\cdot৩ \times ৩০০}{২৭৩} \text{ লিটার} = ৭৬৪\cdot০৩ \text{ লিটার।}$$

উদাহরণ ৭। ১৫° উষ্ণতায় এবং ৭৫৬ মিলিমিটার চাপে ১১২০ লিটার ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুত করিতে হইলে কি পরিমাণ জল বাষ্পীভূত করিতে হইবে?

মনে কর, ১১২০ লিটার ওয়াটার গ্যাসের প্রমাণ-অবস্থায় আয়তন = V লিটার

$$\therefore \frac{১১২০ \times ৭৫৬}{২৮৮} = \frac{V \times ৭৬০}{২৭৩}$$

$$\therefore V = \frac{১১২০ \times ৭৫৬ \times ২৭৩}{২৮৮ \times ৭৬০} \text{ লিটার}$$

$$= ১০৫৬\cdot০৮ \text{ লিটার।}$$



$$C + H_2O = CO + H_2$$

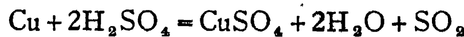
১৮ ২২·৪ + ২২·৪ (= ৪৪·৮) লিটার

অর্থাৎ প্রমাণ অবস্থায় ৪৪·৮ লিটার ওয়াটার গ্যাস প্রস্তুতিতে ২৮ গ্রাম জল বাষ্পীভূত হয়।

$\therefore$............১০৫৬·০৮ লিটার ওয়াটার গ্যাস পাইতে $\frac{১৮ \times ১০৫৬\cdot০৮}{৪৪\cdot৮}$

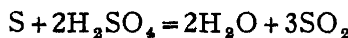
= ৪২৪·৩ গ্রাম জল বাষ্পীভূত হইবে।

উদাহরণ ৮। ১০ গ্রাম কপার এবং সালফার পৃথকভাবে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ফুটাইলে উৎপন্ন SO_2 গ্যাসের আয়তনের অনুপাত কি হইবে? (কলিকাতা)



$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

৬২ ২২·৪ লিটার



$$S + 2H_2SO_4 = 2H_2O + 3SO_2$$

৩২ ৩ × ২২·৪ = (৬৭·২) লিটার

প্রমাণ-অবস্থায়—

৬৩ গ্রাম কপারের বিক্রিয়াতে ২২·৪ লিটার SO_2 পাওয়া যায়।

∴ ১০ গ্রাম কপারের বিক্রিয়াতে $\frac{২২.৪ \times ১০}{৬৩}$ লিটার SO_2 পাওয়া যায়।

আবার, ৩২ গ্রাম সালফারের বিক্রিয়াতে ৬৭.২ লিটার SO_2 পাওয়া যায়

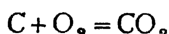
১০ $\frac{১০ \times ৬৭.২}{৩২}$ লিটার..

অতএব উৎপন্ন SO_2 গ্যাসের আয়তনের অনুপাত

$$= \frac{২২.৪ \times ১০}{৬৩} : \frac{১০ \times ৬৭.২}{৩২}$$

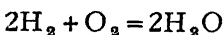
$$= ৩২ : ১৮৯।$$

উদাহরণ ৯। বাতাসে ওজন হিসাবে অক্সিজেনের পরিমাণ ২৩%। একটি খনির কয়লাতে দেখা গেল, কার্বন ও হাইড্রোজেনের ওজনের পরিমাণ C = ৯৬%; H = ৪%। ১৫° সেন্টিগ্রেডে এবং ৭৫৬ মিলিমিটার চাপের কত লিটার বাতাসের সাহায্যে উপরোক্ত কয়লার ১০ কিলোগ্রাম সম্পূর্ণরূপে জারিত করা হইবে? (বাতাসের ঘনত্ব = ১৪.৪)



$C + O_2 = CO_2$ ১০ কিলোগ্রাম কয়লাতে

১২ ৩২ কার্বনের পরিমাণ = ৯৬০০ গ্রাম



$2H_2 + O_2 = 2H_2O$ হাইড্রোজেনের পরিমাণ = ৪০০ গ্রাম

৪ ৩২

অর্থাৎ ১২ গ্রাম কার্বনের জারণের জন্য ৩২ গ্রাম O_2 প্রয়োজন

৯৬০০. $\frac{৩২ \times ৯৬০০}{১২}$

এবং ৪ গ্রাম H_2এর জারণের জন্য ৩২ গ্রাম O_2 প্রয়োজন

∴ ৪০০..............................৩২০০.........O_2................

∴ কয়লার সম্পূর্ণ জারণের জন্য $= \frac{৩২ \times ৯৬০০}{১২} + ৩২০০$

= ২৮৮০০ গ্রাম O_2 প্রয়োজন।

কিন্তু ২৩ গ্রাম অক্সিজেন ১০০ গ্রাম বাতাসে থাকে।

২৮৮০০ $\frac{১০০ \times ২৮৮০০}{২৩}$ গ্রাম বাতাসে থাকে

কিন্তু প্রমাণ-অবস্থায় ১ লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = .০৯ গ্রাম।

∴ ১ লিটার বাতাসের ওজন = .০৯ × ১৪.৪ = ১.২৯৬ গ্রাম।

অতএব, প্রমাণ-অবস্থায়, প্রয়োজনীয় বাতাসের

$$\text{আয়তন} = \frac{\text{১০০} \times \text{২৮৮০০}}{\text{২৩} \times \text{১'২৯৬}} \text{ লিটার}$$

$$= \text{৯৬৬১৮'৩ লিটার}$$

উক্ত বাতাসের আয়তন ১৫° সেন্টি, এবং ৭৫৬ মিলিমিটার চাপে যদি V ধরা হয়, তাহা হইলে

$$\frac{V \times \text{৭৫৬}}{\text{২৮৮}} = \frac{\text{৯৬৬১৮'৩} \times \text{৭৬০}}{\text{২৭৩}}$$

$$\text{অথবা, } V = \frac{\text{৯৬৬১৮'৩} \times \text{৭৬০} \times \text{২৮৮}}{\text{৭৫৬} \times \text{২৭৩}} \text{ লিটার}$$

$$= \text{১০২৪৬৬'৩ লিটার বাতাস প্রয়োজন হইবে।}$$

উদাহরণ ১০। ১৫২০ ঘন সেন্টিমিটার একটি গ্যাস-মিশ্রণে ২৭° সেন্টি. এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে মিথেন = ২০% এবং কার্বন-মনোক্সাইড = ৮০% ছিল। এই গ্যাস-মিশ্রণের পরিপূর্ণ জারণের জন্য যে অক্সিজেন প্রয়োজন তাহা উৎপাদন করিতে কতখানি $KClO_3$ লাগিবে? (কলিকাতা)

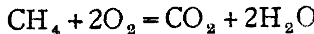
গ্যাস-মিশ্রণটির প্রমাণ-অবস্থার আয়তন যদি V ঘন সেন্টি. হয় তাহা হইলে,

$$\frac{V \times \text{৭৬০}}{\text{২৭৩}} = \frac{\text{১৫২০} \times \text{৭৫০}}{\text{৩০০}}$$

$$\therefore \quad V = \frac{\text{১৫২০} \times \text{৭৫০} \times \text{২৭৩}}{\text{৩০০} \times \text{৭৬০}} = \text{১৩৬৫ ঘন সেন্টিমিটার}$$

$$\text{ইহাতে মিথেনের পরিমাণ} = \frac{\text{১৩৬৫} \times \text{২০}}{\text{১০০}} = \text{২৭৩ ঘন সেন্টিমিটার}$$

$$\text{এবং কার্বন-মনোক্সাইডের পরিমাণ} = \frac{\text{১৩৬৫} \times \text{৮০}}{\text{১০০}} = \text{১০৯২ ,, ,,}$$



$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

১ ঘনায়তন ২ ঘনায়তন



$$2CO + O_2 = 2CO_2$$

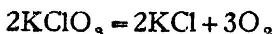
২ ঘনায়তন ১ ঘনায়তন

অর্থাৎ, ২৭৩ ঘন সেন্টিমিটার মিথেনের জন্য ২ × ২৭৩ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন প্রয়োজন

এবং ১০৯২ ঘনসেণ্টি. COএর জন্য $\frac{১০৯২}{২}$ ঘনসেণ্টি. O_2 প্রয়োজন। প্রমাণ-অবস্থায়, মোট প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের আয়তন = ২ × ২৭৩ + ½ × ১০৯২

= ১০৯২ ঘন সেণ্টিমিটার

= ১·০৯২ লিটার



$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$

২ × ১২২·৫ ৩ × ২২·৪ লিটার

অর্থাৎ ৬৭·২ লিটার অক্সিজেন প্রস্তুতিতে ২৪৫ গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন

১·০৯২ লিটার অক্সিজেন প্রস্তুতিতে = $\frac{২৪৫ \times ১·০৯২}{৬৭·২}$ গ্রাম $KClO_3$ প্রয়োজন

= ৩·৯৮ গ্রাম $KClO_3$।

অনুশীলন

১। ১৮ গ্রাম স্টীমের সাহায্যে কত পরিমাণ লৌহকে আয়রন অক্সাইডে পরিণত করা যাইবে? উৎপন্ন হাইড্রোজেনের প্রমাণাবস্থায় আয়তন কত হইবে? (কলিকাতা)

২। ০·৭৬ গ্রাম ফেরাস সালফেট তাপ সাহায্যে বিয়োজিত করিলে প্রমাণাবস্থায় উৎপন্ন গ্যাসের আয়তন কত হইবে?

৩। ০·৪৮৫ গ্রাম জিঙ্ক সালফাইডের সহিত অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কত ঘন সেণ্টিমিটার গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হইবে?

৪। প্রমাণ-অবস্থায় ১০ লিটার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করিতে কি পরিমাণ NH_4Cl প্রয়োজন হইবে? (কলিকাতা)

৫। কত গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে ম্যাঙ্গানিজ-ডাই-অক্সাইড সাহায্যে প্রমাণাবস্থায় ৫ লিটার ক্লোরিন গ্যাস পাওয়া সম্ভব হইবে?

৬। ১০·৮ গ্রাম মারকিউরিক অক্সাইড বিয়োজিত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া যাইবে ১৭° সেণ্টি উষ্ণতায় এবং ৭৪০ মিলিমিটার চাপে তাহার আয়তন কত হইবে?

৭। ২০০ গ্রাম চুনাপাথরের উপর অতিরিক্ত অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ২৫° উষ্ণতায় এবং ৭২০ মিলিমিটার চাপে আয়তন কি হইবে?

৮। ২৭° উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে ২ লিটার কার্বন-মনোক্সাইড দরকার। কতখানি ফর্মিক অ্যাসিড হইতে উহা পাওয়া যাইবে?

৯। ২৫ গ্রাম জিঙ্ক হইতে অতিরিক্ত HCl দ্বারা উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে সম্পূর্ণ জারিত করিতে ১২° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা এবং ৭৮০ মিলিমিটার চাপের অক্সিজেনের কত আয়তন পরিমাণ প্রয়োজন হইবে? (কলিকাতা)

১০। এক গ্রাম সালফার সম্পূর্ণ পোড়াইতে ৩০° সেন্টি উষ্ণতা এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপের কতখানি বাতাস দরকার হইবে? বাতাসে আয়তন হিসাবে অক্সিজেনের পরিমাণ ২০·৮% এবং এক লিটার হাইড্রোজেনের (প্রমাণাবস্থায়) ওজন=·০৯ গ্রাম। (কলিকাতা)

১১। ১০০০ লিটার আয়তনবিশিষ্ট একটি বেলুনকে ২৭° সেন্টি উষ্ণতা এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপের হাইড্রোজেন গ্যাস পূর্ণ করিতে হইবে। কত কম পরিমাণ লৌহের সাহায্যে এই হাইড্রোজেন উৎপাদন করা সম্ভব হইবে? (কলিকাতা)

১২। ২৭° সেন্টি উষ্ণতা এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপের ১০০ ঘনসেন্টিমিটার মিথেন গ্যাসকে অতিরিক্ত অক্সিজেনসহ পোড়াইলে প্রমাণাবস্থায় উৎপন্ন CO_2এর আয়তন কত হইবে? উৎপন্ন জলের ওজনের পরিমাণই বা কত? (কলিকাতা)

১৩। ২৭° সেন্টি উষ্ণতা এবং ৭৫০ মিলিমিটাব চাপে এক লিটার নাইট্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করিতে কি ওজনের অ্যামোনিয়া এবং ক্লোরিন দবকার হইবে? (কলিকাতা)

১৪। এক গ্রাম আয়রনকে ফেরিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করিয়া উহাকে জলে দ্রবীভূত করা হইল। প্রমাণ-অবস্থায় কত আয়তন পরিমাণ H_2S গ্যাস দ্বারা উহাকে ফেরাস ক্লোরাইডে বিজারিত করা সম্ভব হইবে? (পাটনা)

১৫। একটি জলীয় দ্রবণে ০·৫ গ্রাম HCl আছে। প্রমাণ-অবস্থায় কত আয়তন NH_3 গ্যাস দ্বারা উহাকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করা হইবে? (পাটনা)

১৬। ১৮° সেন্টি উষ্ণতায় এবং ৭৬৫ মিলিমিটার চাপে ৩৮০ ঘনসেন্টিমিটাব হাইড্রোজেন Pb_3O_4এর উপর দিয়া পরিচালিত করিলে উৎপন্ন জলের ওজন কত হইবে? (নাগপুর)

১৭। ১০ গ্রাম খনিজ সালফার পোড়াইযা প্রমাণ-অবস্থায ৬ লিটার SO_2 গ্যাস পাওয়া গেল। উহাতে বিশুদ্ধ সালফার শতকরা কত ভাগ ছিল? (বোম্বাই)

১৮। এক গ্রাম সোডিয়াম-পারদ সংকরেব সহিত জলেব বিক্রিয়ার ফলে ১৩° সেন্টি উষ্ণতায় এবং প্রমাণ চাপে ২০০ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন পাওযা গেল। পারদ-সংকরে সোডিয়াম শতকরা কত ভাগ ছিল? (এলাহাবাদ)

১৯। $CaCO_3$ এবং $MgCO_3$এব একটি মিশ্রণের এক গ্রাম হইতে প্রমাণ-অবস্থায় ২৪০ ঘন সেন্টিমিটার CO_2 গ্যাস পাওয়া গেল। মিশ্রণটির উপাদান দুইটির অনুপাত কি ছিল? (নাগপুর)

২০। একটি $KClO_3$র সহিত কিছু KCl মিশ্রিত ছিল। এই মিশ্রণের ১·৫৫৫ গ্রাম বিযোজিত করিয়া যে অক্সিজেন পাওয়া গেল উহাতে ২৭° সেন্টি এবং ৭৫০ মিলিমিটাব চাপের ১৫২ ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিটিলীনকে সম্পূর্ণ জারিত করা সম্ভব হইল। মিশ্রণটিতে $KClO_3$ শতকরা কত ভাগ ছিল? (কলিকাতা)

২১। একটি ঘরের বায়ুর কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ পরীক্ষা করা হইতেছিল। ১০০ লিটার বাতাসকে KOHএর উপর পরিচালিত করাতে পটাসের ওজন ০·০৮ গ্রাম বৃদ্ধি পাইল। ওজন হিসাবে বাতাসে CO_2এর পরিমাণ কত ছিল? (পাঞ্জাব)

২২। আয়তন হিসাবে বাতাসে অক্সিজেনের পরিমাণ শতকরা ২১ ভাগ। মোমের উপাদান C=৮০% এবং H=২০%। ৬০ গ্রাম মোম পোড়াইতে ২৭° সেন্টি এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপে কত পরিমাণ আয়তনের বাতাস প্রয়োজন হইবে? (কলিকাতা)

২৩। এক গ্রাম কয়লাকে প্রডিউসার গ্যাসে পরিণত করিতে প্রমাণ-অবস্থায় কত আয়তন বাতাসের প্রয়োজন? বাতাসে ওজন হিসাবে অক্সিজেন শতকরা ২৩ ভাগ থাকে। বাতাসের ঘনত্ব, ১৪'৪।

২৪। ক্যালসিয়াম কার্বনেট ও বাই-কার্বনেটের একটি সমপরিমাণ মিশ্রণকে শ্বেততপ্ত করিয়া সমস্ত CO_2 গ্যাস দূরীভূত করা হইল। মিশ্রণটির ওজন কি অনুপাতে হ্রাস পাইবে? এক গ্রাম মিশ্রণ হইতে প্রমাণ-অবস্থায় উৎপন্ন CO_2এর আয়তন কত হইবে?

২৫। ৫ গ্রাম KCl অতিরিক্ত $H_2SO_4 + MnO_2$ সহ উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন ক্লোরিনকে একটি কস্টিক সোডার জলীয় দ্রবণে পরিচালিত করা হইল। ৫০ ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণে ৫ গ্রাম কস্টিক সোডা দ্রবীভূত ছিল। ক্লোরিনের শোষণের পর দ্রবণটিতে কি কি পদার্থ কত পরিমাণে আছে নির্ধারণ কর। (কলিকাতা)

৫। বিক্রিয়ক এবং উৎপন্ন পদার্থের গ্যাসীয় অবস্থার আয়তনের পারস্পরিক সম্বন্ধ—

নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায়, গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়া-কালে উহাদের আয়তন-গুলি সরলানুপাতে থাকে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ যদি গ্যাসীয় অবস্থায় পাওয়া যায় তবে উহার আয়তনও বিক্রিয়কের আয়তনের সহিত সরলানুপাতে থাকে [গে-লুসাক]।

আবার, নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় সমস্ত গ্যাসের এক গ্রাম-অণুর আয়তন একই হইবে [অ্যাভোগাড্রো]। সমীকরণের সাহায্যে কোন্ পদার্থের কত অণু বিক্রিয়াতে অংশ গ্রহণ করে জানা যায়। অতএব উহাদের কত গ্রাম-অণু বিক্রিয়া করে তাহাও জানা যায়। সুতরাং উহাদের আয়তনগুলির পরিমাণও জানা যায়। যথা— $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

∴ ২ গ্রাম-অণু হাইড্রোজেন এবং ১ গ্রাম-অণু অক্সিজেন মিলিয়া ২ গ্রাম-অণু স্টীম উৎপন্ন করে।

অতএব, ২ ঘনায়তন হাইড্রোজেন গ্যাস এবং ১ ঘনায়তন অক্সিজেন মিলিয়া ২ ঘনায়তন স্টীম উৎপন্ন করিবে। প্রত্যেকটি উপাদানই একই চাপ ও উষ্ণতায় মাপিতে হইবে এবং গ্যাসীয় অবস্থায় না থাকিলে উপরোক্ত নিয়ম প্রযোজ্য হইবে না।

স্পষ্টতঃই দেখা যাইতেছে, কোন বিক্রিয়াতে গ্যাসীয় পদার্থগুলির অণুর অনুপাত ও উহাদের আয়তনের অনুপাত একই হইতে হইবে।

অতএব, বিক্রিয়ার সমীকরণ হইতে, নির্দিষ্ট পরিমাণ আয়তনের বিক্রিয়ক হইতে কত আয়তন পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হইবে তাহা জানা সম্ভব।

উদাহরণ ১। এক লিটার কার্বন-ডাই-অক্সাইড হইতে কত লিটার কার্বন-মনোক্সাইড একই উষ্ণতা ও চাপে প্রস্তুত করা সম্ভব ?



$$CO_2 + C = 2CO$$

অর্থাৎ, ১ ঘনায়তন CO_2 হইতে ২ ঘনায়তন CO পাওয়া যায়

∴ ১ লিটার CO_2………২ লিটার CO…………

=২ লিটার CO।

উদাহরণ ২। একই চাপ ও উষ্ণতায় ১০০ লিটার স্টীম হইতে কত লিটার ওয়াটার গ্যাস উৎপন্ন করা যাইবে ?



$$H_2O + C = CO + H_2$$

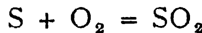
১ ঘনায়তন ১ ঘনায়তন ১ ঘনায়তন

অর্থাৎ, ১ ঘনায়তন স্টীম হইতে ২ ঘনায়তন ওয়াটার গ্যাস উৎপন্ন হয়

∴ ১০০ লিটার স্টীম হইতে ২০০ লিটার ওয়াটার গ্যাস পাওয়া যাইবে

=২০০ লিটার ওয়াটার গ্যাস।

উদাহরণ ৩। বাতাসে অক্সিজেন আয়তন হিসাবে শতকরা ২০ ভাগ আছে। ১০০০ লিটার সালফার-ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করিতে কি পরিমাণ বাতাসের প্রয়োজন ?



$$S + O_2 = SO_2$$

১ ঘনায়তন ১ ঘনায়তন

অর্থাৎ ১ ঘনায়তন SO_2 প্রস্তুত করিতে ১ ঘনায়তন অক্সিজেন প্রয়োজন।

∴ ১০০০ লিটার……………………১০০০ লিটার…………………

=১০০০ লিটার অক্সিজেন।

কিন্তু ২০ লিটার অক্সিজেন ১০০ লিটার বাতাস হইতে পাওয়া যাইবে।

১০০০……………… $\frac{১০০ \times ১০০০}{২০}$ লিটার

=৫০০০ লিটার বাতাস।

উদাহরণ ৪। ২০ ঘন সেন্টিমিটার মিথেন গ্যাসকে ১০০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিলে উৎপন্ন গ্যাস-মিশ্রণের আয়তন কত হইবে ? চাপ ও উষ্ণতা অপরিবর্তিত রাখা হইবে।



$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

১ ঘনায়তন ২ ঘনায়তন ১ ঘনায়তন

অর্থাৎ ১ ঘনায়তন CH_4এর জন্য ২ ঘনায়তন O_2 প্রয়োজন এবং উহাতে ১ ঘনায়তন CO_2 উৎপন্ন হইবে।

অতএব ২০ ঘন সেন্টিমিটার মিথেনের জন্য ৪০ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন ব্যয় হইবে এবং উৎপন্ন CO_2এর পরিমাণ ২০ ঘন সেন্টিমিটার।

জারণের পর, অক্সিজেনের পরিমাণ = ১০০ − ৪০ = ৬০ ঘন সেন্টি.

CO_2 এর পরিমাণ = ২০ ঘন সেন্টিমিটার

মোট গ্যাসের পরিমাণ = ৬০ + ২০

= ৮০ ঘন সেন্টি.।

উদাহরণ ৫। প্রমাণাবস্থায় ৮০০ ঘন সেন্টিমিটার CO_2 গ্যাস উত্তপ্ত কোকের উপর দিয়া পরিচালনার ফলে উহার আয়তন ১৩০০ ঘন সেন্টিমিটারে পরিণত হইল। বিক্রিয়াশেষে গ্যাস-মিশ্রণের উপাদানগুলি কি কি পরিমাণ আছে?



$$CO_2 + C = 2CO$$

১ ঘনায়তন ২ ঘনায়তন

মনে কর, x ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়াছে; তাহা হইলে, উৎপন্ন CO গ্যাসের পরিমাণ = ২x ঘন সেন্টি.

∴ অপরিবর্তিত CO_2 গ্যাসের আয়তন = (৮০০ − x) ঘন সেন্টি.

অতএব, ২x + ৮০০ − x = ১৩০০

∴ x = ৫০০

অর্থাৎ, উৎপন্ন কার্বন-মনোক্সাইড = ১০০০ ঘন সেন্টি.

এবং কার্বন-ডাই-অক্সাইড = ৩০০ ঘন সেন্টি.।

সুতরাং মিশ্রণে NO = ৪৪ ঘনসেন্টিমিটার এবং N_2O = ১৬ ঘনসেন্টিমিটার ছিল।

উদাহরণ ৬। কার্বন-মনোক্সাইড [CO], মিথেন [CH_4] এবং ইথেনের [C_2H_6] একটি ১০ ঘনসেন্টি. মিশ্রণকে ৪০ ঘনসেন্টি. অক্সিজেন সহ বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিলে ১২ ঘনসেন্টিমিটার CO_2 গ্যাস উৎপন্ন হইল এবং ২৩ ঘনসেন্টি. অক্সিজেন অবশিষ্ট থাকিল। গ্যাস-মিশ্রণের উপাদানগুলির পরিমাণ বাহির কর।

মনে কর, COএর আয়তন = x ঘনসেন্টিমিটার

CH_4এর আয়তন = y ”

C_2H_6এর আয়তন = z ”

$\therefore \quad x+y+z =$ ১০

আমরা জানি,



$$2CO + O_2 = 2CO$$

২ ঘনায়তন ১ ঘনায়তন ২ ঘনায়তন



$$CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$$

১ ঘনায়তন ২ ঘনায়তন ১ ঘনায়তন



$$2C_2H_6 + 7O_2 = 4CO_2 + 6H_2O$$

২ ঘনায়তন ৭ ঘনায়তন ৪ ঘনায়তন

$\therefore$ x ঘনসেন্টি. COএর জন্য $\frac{x}{2}$ ঘনসেন্টি. O_2 প্রয়োজন এবং x ঘনসেন্টি. CO_2 উৎপন্ন হয়,

y ঘনসেন্টি. CH_4এর জন্য ২y ঘনসেন্টি. O_2 প্রয়োজন এবং y ঘনসেন্টি. CO_2 উৎপন্ন হয়,

z ঘনসেন্টি. C_2H_6 এর জন্য $\frac{৭z}{২}$ ঘনসেন্টি. O_2 প্রয়োজন এবং ২z ঘনসেন্টি. CO_2 উৎপন্ন হয়।

$\therefore$ উৎপন্ন CO_2এর পরিমাণ, x + y + ২z = ১২

এবং প্রয়োজনীয় O_2এর পরিমাণ $\frac{x}{২} + ২y + \frac{৭z}{২} =$ ৪০ − ২৩ = ১৭

অতএব,

x + y + z = ১০

x + y + ২z = ১২

x + ৪y + ৭z = ৩৪

$\therefore$ x = ৪ ঘনসেন্টিমিটার, COএর আয়তন

z = ৪ ঘনসেন্টিমিটার, CH_4এর আয়তন } উত্তর

z = ২ ঘনসেন্টিমিটার, C_2H_6এর আয়তন

অনুশীলন

১। ২৫ লিটার অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করিতে একই চাপ ও উষ্ণতায় কত আয়তন হাইড্রোজেন দরকার হইবে ?

২। বাতাসে অক্সিজেন আয়তন হিসাবে শতকরা ২০ ভাগ আছে। ১০০ লিটার SO_2 গ্যাসকে জারিত করিতে কি পরিমাণ বাতাস প্রয়োজন হইবে ? চাপ ও উষ্ণতার কোন পরিবর্তন হইবে না।

৩। আয়তন হিসাবে বাযুতে, O_2 = ২১%, N_2 = ৭৯%। বায়ুর সমস্তটুকু অক্সিজেনই যদি কার্বনের সহিত যুক্ত হয় তবে উৎপন্ন প্রডিউসার গ্যাসের উপাদানগুলির শতকরা পরিমাণ কি হইবে ?

৪। ৫০ লিটার অ্যাসিটিলীন গ্যাস প্রজ্বলনে কত লিটার বায়ু প্রয়োজন হইবে ? (বায়ুতে O_2 = ২০%) উৎপন্ন CO_2 গ্যাসের আয়তন কত হইবে ? চাপ ও উষ্ণতা অপরিবর্তনীয়।

৫। ৫ লিটার নাইট্রিক অক্সাইডকে নাইট্রোজেন পার-অক্সাইডে পরিণত করিতে একই চাপ ও উষ্ণতায় কতখানি অক্সিজেন প্রয়োজন হইবে ? উৎপন্ন N_2O_4 গ্যাসের আয়তন কত হইবে ?

৬। প্রমাণাবস্থায় ১ লিটার কার্বন-ডাই-অক্সাইড প্রস্তুত করিতে ২৭° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপের কতখানি কার্বন-মনোক্সাইড ও অক্সিজেন প্রয়োজন হইবে ?

৭। ১০০ লিটার CO_2 হইতে প্রমাণ অবস্থায় কত আয়তন পরিমাণ CO গ্যাস পাওয়া যাইতে পারে ? (কলিকাতা)

৮। ১৭° সেণ্টি. উষ্ণতা ৭২০ মিলিমিটাব চাপে ৯০ ঘনসেণ্টিমিটাব ক্লোরিন অ্যামোনিয়া হইতে কতটা নাইট্রোজেন প্রমাণাবস্থায় উৎপন্ন করিতে পারিবে ?

৯। ৭০ ঘনসেণ্টিমিটাব CO, ২৮ ঘনসেণ্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সাহায্যে জারিত করা হইল। তৎপর গ্যাস-মিশ্রণটিকে KOH দ্রবণের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হইলে কি গ্যাস কত পরিমাণে অবশিষ্ট থাকিবে ? (বোম্বে)

১০। ২৫ ঘনসেণ্টিমিটার আয়তন একটি হাইড্রোজেন ও নাইট্রিক অক্সাইডের মিশ্রণ উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া পরিচালনার পর দেখা গেল উহার আয়তন ২০ ঘনসেণ্টিমিটার হইয়াছে। গ্যাস-মিশ্রণের উপাদান দুইটি শতকরা কি পরিমাণে ছিল ? চাপ ও উষ্ণতার কোন পরিবর্তন হয় নাই। (কলিকাতা)

১১। একটি কোলগ্যাসে, H = ৪৫%, CH_4 = ৩০%, CO = ২০% এবং C_2H_2 = ৫% ছিল। ১০০ ঘনায়তন কোলগ্যাস ১৬০ ঘনায়তন অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিদ্যুৎ-শিখার সাহায্যে জারিত করিলে, বিক্রিয়া-শেষে কি কি গ্যাস কত পরিমাণে থাকিবে এবং গ্যাসের মোট আয়তন কত হইবে ? (পাঞ্জাব)

১২। একটি গ্যাস মিশ্রণে H = ৪৬%, CH_4 = ৪০%, C_2H_4 = ১৪% আছে। ১০০ লিটার এই মিশ্রণকে জারিত করিতে কতটা বায়ুর দরকার হইবে ? বায়ুতে অক্সিজেন শতকরা ২১ ভাগ আছে।

১৩। CO এবং C_2H_2 গ্যাসের ৪০ ঘনসেণ্টিমিটার একটি মিশ্রণ ১০০ ঘনসেণ্টিমিটার অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া একটি গ্যাসমানযন্ত্রের বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সহকারে জারিত করা হইল। বিক্রিয়ার পর গ্যাসের আয়তন ১০৪ ঘনসেণ্টি. হইল এবং KOH দ্বারা শোষণের পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন ৪৮ ঘনসেণ্টি. দেখা গেল। গ্যাস-মিশ্রণের উপাদানদ্বয়ের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় কর। (এলাহাবাদ)

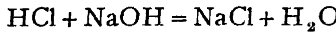
১৪। কার্বন-মনোক্সাইড ও কার্বন-ডাই-অক্সাইডের এক লিটার একটি মিশ্রণ হইতে ১৬০০ ঘনসেন্টিমিটার CO পাওয়া গেল। উষ্ণতা ও চাপের কোন পরিবর্তন হয় নাই। গ্যাস-মিশ্রণের উপাদান দুইটি কত পরিমাণে ছিল? (কলিকাতা)

১৫। মিথেন, ইথিলীন ও অ্যাসিটিলীনের ২০ ঘনসেন্টিমিটার একটি মিশ্রণকে বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সাহায্যে সম্পূর্ণ জারিত করিতে ৪৯ ঘনসেন্টিমিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হইল এবং উহার ফলে ৩৩ ঘনসেন্টিমিটার CO_2 পাওয়া গেল। মিশ্রণের উপাদানগুলি কোন্‌টা কত পরিমাণে ছিল?

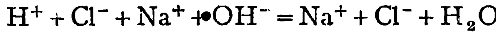
১৬। ১৫ ঘনসেন্টিমিটার হাইড্রোজেন, কার্বন-মনোক্সাইড এবং মিথেনের একটি মিশ্রণের জারণের জন্য ১৫ ঘনসেন্টিমিটার অক্সিজেন প্রয়োজন হইল এবং উৎপন্ন কার্বন-ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ ১০ ঘনসেন্টিমিটার। উপাদানগুলি মিশ্রণে কি অনুপাতে ছিল?

৬। অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি (Acidimetry & Alkalimetry)

প্রশমন-ক্রিয়া ঃ অম্ল ও ক্ষারের দ্রবণ একত্র হইলেই উহাদের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং জল ও লবণ উৎপন্ন হয়। দ্রবণে অম্ল আয়নিত হইয়া H^+ আয়ন উৎপাদন করে এবং ক্ষার OH^- আয়ন উৎপাদন করে। অম্ল এবং ক্ষারের ক্রিয়ার সময় H^+ এবং OH^- আয়ন মিলিত হইয়া জল উৎপাদন করে ঃ—



$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$



$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- = Na^+ + Cl^- + H_2O$$

এইরূপ অম্ল ও ক্ষারের বিক্রিয়াটিকে সচরাচর **"প্রশমন-ক্রিয়া"** (Neutralisation) বলা হয়। বস্তুতঃ প্রশমন-ক্রিয়াতে H^+ এবং OH^- আয়নের মিলন ঘটে।

বলা বাহুল্য, রাসায়নিক সূত্রানুযায়ী নির্দিষ্ট পরিমাণ ক্ষারের সহিত নির্দিষ্ট পরিমাণ অম্ল বিক্রিয়া করিবে। অতএব, কোন অম্লদ্রবণের সহিত উহাকে প্রশমিত করিতে যতটা ক্ষার প্রয়োজন তদপেক্ষা অধিক পরিমাণ ক্ষার মিশ্রিত করিলে সম্পূর্ণ অম্লটুকু প্রশমিত হইয়া লবণে পরিণত হইবে এবং অতিরিক্ত ক্ষারটুকু অবশিষ্ট থাকিবে। পক্ষান্তরে মিশ্রিত ক্ষারের পরিমাণ অম্লটুকুর প্রশমনের পক্ষে পর্যাপ্ত না হইলে, অতিরিক্ত অম্ল থাকিয়া যাইবে এবং সম্পূর্ণ ক্ষারটুকু রূপান্তরিত হইবে। অর্থাৎ, ক্ষার এবং অম্ল একত্র হইলেই যতক্ষণ না একটি সম্পূর্ণ রূপান্তরিত হইয়া লোপ পায় ততক্ষণ বিক্রিয়া চলিবেই। যদি অম্ল ও ক্ষার দুইটিই উহাদের পরস্পরের প্রয়োজনীয় অনুপাতে থাকে তবে দুইটিই লোপ পাইবে এবং লবণের একটি প্রশম-দ্রবণ পাওয়া যাইবে।

নির্দেশক—অম্ল দ্রবণ লিটমাসকে লাল এবং ক্ষার দ্রবণ লিটমাসকে নীল বর্ণে পরিণত করে। সুতরাং কোন দ্রবণে দুই এক ফোঁটা লিটমাস মিশাইলে যদি ইহা লাল হয় তবে উহা অম্ল দ্রবণ বুঝা যাইবে। আর যদি লিটমাস মিশাইলে দ্রবণের রং নীল হয় তবে দ্রবণটি ক্ষারজাতীয় বুঝিতে হইবে। অর্থাৎ

বর্ণ-পরিবর্তনের সাহায্যে লিটমাস কোন দ্রবণের অম্ল বা ক্ষার গুণ নির্দেশ করিতে পারে।

লিটমাসের মত এরূপ আরও অন্যান্য অনেক পদার্থ আছে যাহারা নিজেদের বর্ণের পরিবর্তন দ্বারা অম্ল ও ক্ষার-দ্রবণ চিহ্নিত করিতে পারে; যথা:—ফিনলথ্যালিন, মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড ইত্যাদি। যে সকল পদার্থ অম্ল এবং ক্ষার দ্রবণের সংস্পর্শে বিভিন্ন রং ধারণ করিয়া উহাদিগকে নির্দেশ করিতে পারে, সেই পদার্থগুলিকে আমরা 'নির্দেশক' বা 'সূচক' (Indicators) বলি। আমরা সর্বদা যে সকল নির্দেশক ব্যবহার করি, ক্ষার এবং অম্ল দ্রবণে তাহাদের রঙের পরিবর্তন এখানে উল্লেখ করা হইল:—

	নির্দেশক	অম্ল দ্রবণে	ক্ষার দ্রবণে
১।	লিটমাস	লাল	নীল
২।	মিথাইল অরেঞ্জ	গোলাপী	হলুদ
৩।	মিথাইল রেড	লাল	হলুদ
৪।	ফিনলথ্যালিন	বর্ণহীন	লাল

মনে কর, একটি HCl দ্রবণকে NaOH দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করা হইতেছে। HCl দ্রবণটি একটি বীকারে লইয়া উহাকে দুই ফোঁটা ফিনলথ্যালিন নির্দেশক দেওয়া হইল। উহা বর্ণহীনই থাকিবে। অতঃপর উহাতে বিন্দু বিন্দু ক্ষার দ্রবণ মিশাইলে, ক্রমে ক্রমে উহার অম্ল কমিয়া যাইবে। কিন্তু যতক্ষণ অম্ল থাকিবে দ্রবণটি বর্ণহীনই থাকিবে। কিন্তু ক্ষার দ্রবণ আরও মিশ্রিত করিয়া যেইমাত্র সম্পূর্ণ অম্লটুকু প্রশমিত হইয়া যাইবে এবং একফোঁটা ক্ষার অতিরিক্ত হইবে তৎক্ষণাৎ দ্রবণটিকে ফিনলথ্যালিন লাল করিয়া দিবে। যে অবস্থায়, অর্থাৎ যতখানি ক্ষার দিলে সম্পূর্ণ অম্লটুকু প্রশমিত হয় তাহাকে "প্রশমন-ক্ষণ" (Neutral point) বলে। নির্দেশকের বর্ণ পরিবর্তনের দ্বারা এইভাবে প্রশমন-ক্ষণ নির্ধারণ সম্ভব। অম্ল দ্রবণে ক্ষার না ঢালিয়া, ক্ষার দ্রবণে অম্ল ধীরে ধীরে মিশাইয়াও প্রশমন-ক্ষণ বাহির করা যায়। সুতরাং নির্দেশক যে কেবল কোন দ্রবণের অম্লত্ব বা ক্ষারত্ব নির্দেশ করে তাহা নহে, উহা প্রশমন-ক্ষণ নির্ধারণে বিশেষ উপযোগী। ফিনলথ্যালিনের পরিবর্তে অন্যান্য নির্দেশক দ্বারাও প্রশমন-ক্ষণ নির্ণয় করা যায়।

অম্ল দুই শ্রেণীর—তীব্র এবং মৃদু। কতকগুলি অম্ল যেমন HCl, H_2SO_4

ইত্যাদি দ্রবণে প্রায় সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া থাকে এবং প্রচুর H^+ আয়ন উৎপ করে। ইহারা তীব্র অম্ল। আবার অ্যাসেটিক অ্যাসিড, কার্বনিক অ্যাসি প্রভৃতির তড়িৎ-বিযোজন খুব কম, সুতরাং উহারা বিশেষ H^+ আয়ন দেয় না ইহাদিগকে মৃদু অম্ল বলে।

অম্লের মত ক্ষারও তীব্র এবং মৃদু দুই শ্রেণীর। তীব্র ক্ষার, যথা KOI আয়নিত হইয়া প্রচুর OH^- আয়ন সৃষ্টি করে। কিন্তু মৃদু ক্ষার, যথা NH_4OI বিশেষ আয়নিত হয় না এবং উহা খুব সামান্য OH^- আয়ন উৎপাদন করে।

অম্ল ও ক্ষারের বিক্রিয়াকালে প্রশমন-ক্ষণ নির্ণয়ে উহাদের তীব্রতা বা মৃদুত অনুযায়ী নিদেশক ব্যবহার করিতে হয়। সব নিদেশক সমস্ত রকম বিক্রিয়া প্রশমন-ক্ষণ স্থির করার পক্ষে উপযুক্ত নয়। যথাযোগ্য নিদেশক ব্যবহারে একটি তালিকা দেওয়া হইল :—

	প্রশমন-ক্ষণ নির্ণয়	উপযুক্ত নির্দেশক
১।	তীব্র ক্ষার—মৃদু অম্ল	ফিনলথ্যলিন
২।	মৃদু ক্ষার—তীব্র অম্ল	মিথাইল অরেঞ্জ
৩।	তীব্র ক্ষার—তীব্র অম্ল	যে কোন নির্দেশক

অম্ল ও ক্ষারের তুল্যাঙ্ক—অম্লের যতভাগ পরিমাণ ওজনে একভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে, সেই পরিমাণকে "অম্লের তুল্যাঙ্ক" (equivalent wt. of the acid) বলে। সুতরাং যত গ্রাম অ্যাসিড হইতে এক গ্রাম হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে, তত গ্রাম সেই অ্যাসিডের "গ্রাম-তুল্যাঙ্ক" (gm-equivalent)। যেমন, ৩৬·৫ ভাগ HCl হইতে একভাগ হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

∴ HClএর তুল্যাঙ্ক, ৩৬·৫ ; এবং HClএর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, ৩৬·৫ গ্রাম।

H_2SO_4এর ৯৮ ভাগ হইতে ২ ভাগ হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করা যায়।

অতএব, H_2SO_4এর তুল্যাঙ্ক, $\frac{৯৮}{২}$ = ৪৯ ; এবং H_2SO_4এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক, ৪৯ গ্রাম।

আবার, অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-সংখ্যাই উহার ক্ষার-গ্রাহিতা। অতএব, অ্যাসিডের গ্রাম-অণুকে উহার ক্ষ
করিলেই উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পাওয়া যাইবে :—

$$\text{অম্লের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{অম্লের গ্রাম-অণু}}{\text{অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা}}$$

ক্ষারের তুল্যাঙ্কও অনুরূপ উপায়ে স্থির করা হয়। ক্ষারের যত ভাগ পরিমাণ ওজনের একটি OH মূলক অর্থাৎ ১৭ ভাগ ওজনের OH মূলক থাকে, সেই পরিমাণকে "ক্ষারের তুল্যাঙ্ক" (equivalent wt. of the base) বলে। সুতরাং যত গ্রাম ক্ষারবস্তুতে ১৭ গ্রাম OH মূলক থাকে, উহাই ক্ষারের "গ্রাম-তুল্যাঙ্ক" (gm. equivalent)। যেমন, NaOHএর ৪০ ভাগে ১৭ ভাগ OH মূলক আছে।

∴ NaOHএর তুল্যাঙ্ক, ৪০; এবং উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, ৪০ গ্রাম। আবার, $Ca(OH)_2$এর ৭৪ ভাগ ওজনের ৩৪ ভাগ OH মূলক আছে। অতএব,-

$Ca(OH)_2$এর তুল্যাঙ্ক $\frac{৭৪}{২}$ = ৩৭; এবং উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, ৩৭ গ্রাম।

আমরা জানি, ক্ষারের OH মূলকের সংখ্যাই উহার অম্লগ্রাহিতা। অতএব, ক্ষারের গ্রাম-অণুকে উহার অম্লগ্রাহিতা দ্বারা ভাগ করিলে, কত গ্রাম ক্ষারে একটি OH মূলক আছে পাওয়া যাইবে। উহাই ক্ষারের তুল্যাঙ্ক।

$$\therefore \text{ক্ষারের তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{ক্ষারের গ্রাম-অণু}}{\text{ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা}}$$

দেখা যাইতেছে, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক কোন অম্লে এক গ্রাম প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকিবে। আবার, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক কোন ক্ষারে ১৭ গ্রাম OH মূলক থাকিবে। এক গ্রাম হাইড্রোজেনকে প্রশমিত করিতে ঠিক ১৭ গ্রাম OH মূলকই প্রয়োজন। অতএব, স্বচ্ছন্দে বলা যায়, ক্ষারের যত গ্রাম ওজন এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অম্লকে প্রশমিত করে, উহাই ক্ষারের "গ্রাম-তুল্যাঙ্ক"।

লবণের তুল্যাঙ্ক—ক্ষারমিতিতে কখনও কখনও লবণের তুল্যাঙ্ক প্রয়োজন হয়। লবণের ভিতরে যে ধাতুটি থাকে উহার তুল্যাঙ্ক-ভাগ যত ভাগ পরিমাণ লবণে থাকিবে, তাহাই লবণের তুল্যাঙ্ক হইবে। যেমন,

Na_2CO_3 লবণের আণবিক গুরুত্ব, ১০৬ এবং উহাতে ৪৬ ভাগ সোডিয়াম আছে। সোডিয়ামের তুল্যাঙ্ক, ২৩।

অতএব ২৩ ভাগ সোডিয়াম $\frac{১০৬}{২}$ অর্থাৎ ৫৩ ভাগ Na_2CO_3এ আছে।

∴ Na_2CO_3এর তুল্যাঙ্ক, ৫৩। উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, ৫৩ গ্রাম।

$Al_2(SO_4)_3$এর আণবিক গুরুত্ব, ৩৪২ এবং উহাতে ২৪ ভাগ অ্যালুমিনিয়াম আছে। অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্ক, ৯।

∴ ৯ ভাগ অ্যালুমিনিয়াম $\frac{৩৪২ \times ৯}{৫৪}$ = ৫৭ ভাগ $Al_2(SO_4)_3$তে আছে

∴ $Al_2(SO_4)_3$এর তুল্যাঙ্ক, ৫৭ এবং উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, ৫৭ গ্রাম।

অম্ল এবং ক্ষারের দ্রবণ—সব অম্ল বা ক্ষারের দ্রবণের শক্তি বা মাত্রা এক হইতে পারে না। নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রবণে যে পরিমাণ অম্ল বা ক্ষার দ্রবীভূত থাকে তাহার উপর উহার শক্তি নির্ভর করে।

এক লিটার দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকিলে উক্ত দ্রবণকে **"তুল্য-দ্রবণ"** বা 'নরম্যাল দ্রবণ' বলে। সঙ্কেতের পূর্বে 'N' লিখিয়া তুল্য-দ্রবণ বুঝান হয়। N HCl অর্থাৎ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তুল্য-দ্রবণ। N KOH অর্থাৎ কস্টিক পটাসের তুল্য-দ্রবণ।

HClএর তুল্যাঙ্ক, ৩৬·৫। উহার তুল্য-দ্রবণের এক লিটারে ৩৬·৫ গ্রাম HCl থাকিবে।

Na_2CO_3এর তুল্যাঙ্ক, ৫৩। উহার তুল্য-দ্রবণের এক লিটারে ৫৩ গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে।

কোন কোন সময় এক লিটার অম্ল বা ক্ষার দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কের পরিবর্তে উহার কোন ভগ্নাংশ পরিমাণ দ্রাব থাকে। সেই সকল দ্রবণের নাম মাত্রানুযায়ী দেওয়া হয়। যেমনঃ একটি ক্ষার দ্রবণের এক লিটারে যদি এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কের একশত ভাগের এক ভাগ থাকে, তাহা হইলে ঐ দ্রবণকে শতাংশ-তুল্য-দ্রবণ (Centinormal solution) বলা হয়। ক্ষার এবং অম্লের এইরূপ দুইটি উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল।

	লিটারে দ্রাবের তুল্যাঙ্ক-পরিমাণ	দ্রবণের মাত্রার সঙ্কেত	নাম	দ্রাবের পরিমাণ Na_2CO_3	H_2SO_4
১।	১ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক	N	তুল্য-দ্রবণ	৫৩ গ্রাম	৪৯ গ্রাম
২।	৩ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক	3N	ত্রিগুণ তুল্য-দ্রবণ	১৫৯ ,,	১৪৭ ,,
৩।	½ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক	·5N	অর্ধ তুল্য-দ্রবণ	২৬·৫ ,,	২৪·৫ ,,
৪।	১/১০ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক	·1N	দশমাংশ তুল্য-দ্রবণ	৫·৩ গ্রাম	৪·৯ গ্রাম

লিটারে দ্রাবের তুল্যাঙ্ক-পরিমাণ	দ্রবণের মাত্রার সঙ্কেত	নাম	দ্রাবের পরিমাণ Na_2CO_3	H_2SO_4
৫। $\frac{১}{১০০}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক—	·০১N—	শতাংশ তুল্য-দ্রবণ—	·৫৩ „ —	·৪৯ „
৬। $\frac{১}{১০০০}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক—	·০০১N—	সহস্রাংশ তুল্য-দ্রবণ—	·০৫৩ „—	·০৪৯ „

ইত্যাদি।

·০৩N HClকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তিন-শতাংশ তুল্য-দ্রবণ বলা হইবে। ·০২৭N NaOHকে কস্টিক সোডার ২৭ সহস্রাংশ তুল্য-দ্রবণ অথবা ·০২৭ তুল্য-দ্রবণ বলা হইবে।

এক লিটার দ্রবণে যত গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব থাকিবে তাহাই সেই দ্রবণের **"শক্তি বা তুল্যাঙ্ক মাত্রা"** (Normality)। যেমন, ·৫N Na_2CO_3 দ্রবণের তুল্যাঙ্ক-মাত্রা ·৫ ; কেন না উক্ত দ্রবণে ·৫ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক সোডিয়াম কার্বনেট এক লিটার দ্রবণে দ্রবীভূত আছে। পরবর্তী আলোচনাতে "মাত্রা" উল্লেখ করিলে তুল্যাঙ্ক-মাত্রা বুঝিতে হইবে।

এক লিটার দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কের পরিবর্তে যদি এক গ্রাম-অণু দ্রাব থাকে তবে উহাকে **"আণবিক দ্রবণ"** (molar solution) বলা হয়। পূর্বের মতই এক গ্রাম-অণুর এক-শতাংশ দ্রাব এক লিটার দ্রবণে থাকিলে দ্রবণটিকে ·০১M অর্থাৎ শতাংশ আণবিক-দ্রবণ বলা যাইবে।

প্রতি লিটার দ্রবণে যত গ্রাম-অণু দ্রাব দ্রবীভূত থাকিবে, তাহাই দ্রবণের আণবিক-মাত্রা হইবে।

কস্টিক সোডার গ্রাম-অণু ৪০, এবং তুল্যাঙ্কও ৪০। সুতরাং উহার আণবিক-দ্রবণ এবং তুল্য-দ্রবণ একই। সমস্ত একক্ষারী অম্ল এবং একাম্লী ক্ষারের তুল্যাঙ্ক ও গ্রাম-অণু সমান, সুতরাং উহাদের আণবিক দ্রবণ এবং তুল্য-দ্রবণ একই হইবে। কিন্তু অন্যান্য অম্ল বা ক্ষারের বেলায় আণবিক-দ্রবণের শক্তি তুল্যদ্রবণ অপেক্ষা অধিক হইবে। যেমন,

H_2SO_4এর তুল্যাঙ্ক, ৪৯। উহার তুল্য-দ্রবণের প্রতি লিটারে ৪৯ গ্রাম H_2SO_4 থাকে। আবার H_2SO_4এর গ্রাম-অণু, ৯৮ গ্রাম। উহার আণবিক-দ্রবণের প্রতি লিটারে ৯৮ গ্রাম H_2SO_4 থাকে।

∴ H_2SO_4এর আণবিক-দ্রবণটির শক্তি উহার তুল্য-দ্রবণের শক্তির

প্রমাণ-দ্রবণ (Standard Solution)। কোন দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রাবের পরিমাণ জানা থাকিলে উহাকে "প্রমাণ-দ্রবণ" বলা হয়। অর্থাৎ, দ্রবণে শক্তি বা মাত্রা যদি জানা থাকে তবে উহা প্রমাণ-দ্রবণ বলিয়া পরিগণিত হইবে। সাধারণতঃ আয়তনিক বিশ্লেষণে তুল্য-দ্রবণ অথবা দশমাংশ তুল্য-দ্রবণ প্রমাণ-দ্রবণ রূপে ব্যবহৃত হয়।

দ্রবণের মাত্রা গণনা—আমরা জানি, তুল্য-দ্রবণের এক লিটারে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব থাকে। সুতরাং কোন নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণে কত গ্রাম দ্রাব আছে জানিলে, দ্রবণটির মাত্রা হিসাব করা যায়। আবার, দ্রবণের মাত্রা জানা থাকিলে, কোন নির্দিষ্ট আয়তন দ্রবণে কি পরিমাণ দ্রাব আছে তাহাও স্থির করা যায়। কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া গেল।

উদাহরণ ১। ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে ২·৪৫ গ্রাম H_2SO_4 আছে। দ্রবণটির মাত্রা কত ?

২৫০ ঘনসেন্টিমিটারে ২·৪৫ গ্রাম H_2SO_4 আছে।

∴ ১ লিটারে $\frac{২·৪৫}{২৫০} \times ১০০০ = ৯·৮$ গ্রাম H_2SO_4 আছে।

H_2SO_4এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = ৪৯ গ্রাম।

∴ দ্রবণটির মাত্রা = $\frac{৯·৮}{৪৯}N$ = ০·২N।

উদাহরণ ২। ৫ লিটার দ্রবণে ১০·৬ গ্রাম Na_2CO_3 থাকিলে, উহার মাত্রা কি হইবে ?

ঐ দ্রবণের এক লিটারে $\frac{১০·৬}{৫}$ = ২·১২ গ্রাম Na_2CO_3 আছে।

Na_2CO_3এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = ৫৩ গ্রাম।

অর্থাৎ এক লিটারে ৫৩ গ্রাম Na_2CO_3 থাকিলে উহা (N) তুল্য-দ্রবণ হইবে।

∴ " " ২·১২ গ্রাম " " " $\frac{২·১২}{৫৩}$N " "

= ০·০২N দ্রবণ হইবে।

উদাহরণ ৩। ০·২৫N NaOHএর ৭০০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে কতখানি কস্টিক সোডা আছে ?

NaOHএর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = ৪০ গ্রাম

∴ ১ লিটার (N) তুল্য-দ্রবণে ৪০ গ্রাম কস্টিক সোডা থাকে।

অর্থাৎ, ১ লিটার ০·২৫N দ্রবণে ৪০ × ·২৫ গ্রাম কস্টিক সোডা থাকিবে।

সুতরাং, ৭০০ ঘনসেন্টিমিটার ০·২৫N দ্রবণে $\frac{৪০ \times ·২৫ \times ৭০০}{১০০০}$ গ্রাম

= ৭·০ গ্রাম কস্টিক সোডা থাকিবে।

উদাহরণ ৪। ১২N HCl দ্রবণের কত আয়তনে উহার এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক থাকিবে?

HClএর তুল্যাঙ্ক, ৩৬·৫।

অতএব, ১২N HCl দ্রবণের এক লিটারে ১২ × ৩৬·৫ গ্রাম অ্যাসিড থাকিবে

∴ $\frac{১০০০}{১২}$ ঘনসেন্টিমিটারে ৩৬·৫ গ্রাম·

= ৮৩·৩ ঘনসেন্টিমিটার।

উদাহরণ ৫। ১০% Na_2CO_3 দ্রবণের তুল্যাঙ্ক-মাত্রা কত?

১০% Na_2CO_3 দ্রবণের প্রতি ১০০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে ১০ গ্রাম Na_2CO_3 আছে।

∴ প্রতি লিটার উক্ত দ্রবণে ১০ × ১০ গ্রাম Na_2CO_3 আছে।

Na_2CO_3এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = ৫৩ গ্রাম।

∴ উক্ত দ্রবণের মাত্রা = $\frac{১০০}{৫৩}$N = ১·৮৮ N।

প্রশ্ন

(১) ১০০ ঘনসেন্টিমিটার কস্টিক-সোডার দ্রবণে ২·২ গ্রাম NaOH থাকিলে, দ্রবণটির মাত্রা কি হইবে?

(২) ৪৫ ঘনসেন্টিমিটার H_2SO_4 দ্রবণে ৫০০ মিলিগ্রাম H_2SO_4 আছে। দ্রবণটির মাত্রা কত?

(৩) ৩·৩ লিটার কস্টিক সোডার একটি দ্রবণে ১·৩২ গ্রাম NaOH থাকিলে দ্রবণের মাত্রা কত হইবে?

(৪) ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার HCl দ্রবণে ২৫ গ্রাম অ্যাসিড থাকিলে দ্রবণটির মাত্রা কি হইবে?

(৫) ০·৩N HNO_3 এর ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম HNO_3 প্রয়োজন?

(৬) ০·২৩ N অ্যাসেটিক অ্যাসিডের (CH_3COOH) ৮০০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে কতটুকু অ্যাসিড আছে ? অ্যাসেটিক অ্যাসিড এককক্ষারী অম্ল।

(৭) ৫ লিটার ২·২ N H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম H_2SO_4 প্রয়োজন ?

(৮) ১·২ লিটার ০·৫N $FeCl_3$ দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম $FeCl_3,6H_2O$ প্রয়োজন ?

(৯) ০·০৫ মাত্রাবিশিষ্ট ৫০০ ঘনসেন্টিমিটার $Al_2(SO_4)_3$এর দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কত গ্রাম $Al_2(SO_4)_3$ প্রয়োজন হইবে ?

(১০) (ক) ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার ০·১ N ; (খ) ৫০০ ঘনসেন্টিমিটার ০·০৫ N; (গ) ১০০ ঘনসেন্টিমিটার ০·২৫ N Na_2CO_3 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে কি কি পরিমাণ Na_2CO_3 লাগিবে ?

(১১) নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির তুল্যাঙ্ক-মাত্রা নির্ণয় কর :—

(ক) ২·৬%Na_2CO_3 দ্রবণ (খ) ১২%HCl দ্রবণ

(গ) ৫%H_2SO_4 দ্রবণ (ঘ) ৪%NaOH দ্রবণ।

(১২) ১০ গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন। ০·০২ N H_2SO_4 দ্রবণের কত আয়তন লইতে হইবে ?

(১৩) ৫ গ্রাম কস্টিক সোডার জন্য ০·২৫ N মাত্রাবিশিষ্ট NaOH দ্রবণের কত ঘনসেন্টিমিটার লওয়া প্রয়োজন ?

(১৪) ৪ লিটার একটি H_2SO_4 অ্যাসিড দ্রবণে ১০ গ্রাম H_2SO_4 আছে। উহাতে আর কত গ্রাম HCl দ্রবীভূত করিলে দ্রবণটির অম্ল-মাত্রা ০·১ N হইবে ?

(১৫) দুই গ্রাম কস্টিক সোডা এবং দুই গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট একত্র ৫০০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে দ্রবীভূত থাকিলে, দ্রবণটির ক্ষার-মাত্রা কত হইবে ?

(১৬) এক লিটার একটি কস্টিক পটাস দ্রবণে ২ গ্রাম KOH আছে। দ্রবণটির মাত্রা ০·০৫ N করিতে উহাতে আর কত গ্রাম NaOH মিশাইতে হইবে ?

(১৭) ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার একটি H_2SO_4 দ্রবণে ১·২২৫ গ্রাম H_2SO_4 আছে। দ্রবণটির তুল্যাঙ্ক-মাত্রা ও আণবিক-মাত্রা কত ?

(১৮) ০·২৫ M আণবিক-মাত্রাবিশিষ্ট Na_2CO_3 দ্রবণের প্রতি ১০০ ঘনসেন্টিমিটারে কত গ্রাম সোডা আছে ?

অম্ল ও ক্ষারের বিক্রিয়ার মূলগত নীতি : যে কোন অম্লের এক তুল্যাঙ্ক-ভাগে এক ভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আছে। সেইরূপ যে কোন ক্ষারের এক তুল্যাঙ্ক-ভাগে ১৭ ভাগ OH মূলক আছে। এক ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত ১৭ ভাগ OH মূলক মিলিত হইয়াই প্রশমন-ক্রিয়াতে জল উৎপাদন হয়। অতএব, একথা বলা যাইতে পারে, যে কোন অ্যাসিডের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

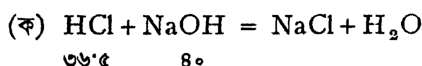
যে কোন ক্ষারের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ককে প্রশমিত করিতে পারে। সংক্ষেপে লিখিতে পারি,

এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড ≡ এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষার

অথবা ·২৫ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড ≡ ·২৫ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষার

অর্থাৎ x গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড ≡ x গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষার

অম্ল এবং ক্ষারের বিক্রিয়ার সমীকরণ হইতেও এই সিদ্ধান্তে উপনীত হওয়া যায়। যথা :—



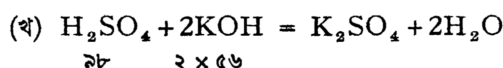
(ক) $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$

৩৬·৫ ৪০

৩৬·৫ গ্রাম HCl ৪০ গ্রাম NaOH প্রশমিত করে।

HClএর গ্রাম-তুল্যাঙ্কও ৩৬·৫ গ্রাম এবং NaOHএর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ৪০ গ্রাম।

অতএব, HClএর এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক NaOHএর এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক প্রশমিত করে।



(খ) $H_2SO_4 + 2KOH = K_2SO_4 + 2H_2O$

৯৮ ২ × ৫৬

৯৮ গ্রাম H_2SO_4 ১১২ গ্রাম KOH প্রশমিত করে।

∴ ৪৯ „ „ ৫৬ „ „ „ „।

উহাদের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক : H_2SO_4 = ৪৯ গ্রাম ; KOH = ৫৬ গ্রাম।

অতএব, H_2SO_4এর এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক KOHএর এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক প্রশমিত করে।

দেখা যাইতেছে, যে কোন অ্যাসিডের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কের প্রশমন-ক্ষমতা সমান। সাধারণে ব্যবহৃত বিভিন্ন অম্ল ও ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক এখানে দেওয়া হইল।

ক্ষার			অম্ল		
NaOH	=	৪০ গ্রাম।	HCl	=	৩৬·৫ গ্রাম।
KOH	=	৫৬ গ্রাম।	H_2SO_4	=	৪৯·০ গ্রাম।
$Ca(OH)_2$	=	৩৭ গ্রাম।	H_3PO_4	=	৩২·৬৭ গ্রাম।
Na_2CO_3	=	৫৩ গ্রাম।	HNO_3	=	৬৩·০ গ্রাম।
NH_4OH	=	৩৫ গ্রাম।	CH_3COOH	=	৬০·০ গ্রাম।

সুতরাং ৪·০ গ্রাম কস্টিক সোডা ≡ ৩·৬৫ গ্রাম HCl

≡ ৪·৯ „ H_2SO_4

≡ ৬·০ „ CH_3COOH ইত্যাদি।

অথবা ৩৬·৫ গ্রাম HCl ≡ ৪০ গ্রাম NaOH

≡ ৫৬ „ KOH

≡ ৩৭ „ $Ca(OH)_2$

≡ ৫৩ „ Na_2CO_3 ইত্যাদি

অতএব এই নীতি হইতে কোন অম্লের একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি ক্ষারের কত ওজনকে প্রশমিত করিবে জানিতে পারি।

অম্ল বা ক্ষারের তুল্য-দ্রবণের এক লিটার আয়তনে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব থাকে।

যে কোন অম্লের এক লিটার তুল্য-দ্রবণে ১ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড আছে।

যে কোন ক্ষারের এক লিটার তুল্য-দ্রবণে ১ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষার আছে।

কিন্তু ১ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিড ≡ ১ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ক্ষার।

অতএব, যে কোন অ্যাসিডের এক লিটার তুল্য-দ্রবণ যে কোন ক্ষারের ১ লিটার তুল্য-দ্রবণকে প্রশমিত করিবে। অর্থাৎ

অ্যাসিডের ১ লিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ ক্ষারের ১ লিটার তুল্য-দ্রবণ

সুতরাং, অ্যাসিডের ৫ লিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ ক্ষারের ৫ লিটার তুল্য-দ্রবণ

অথবা, অ্যাসিডের ৩০ ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ ক্ষারের ৩০ ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ

অতএব, অ্যাসিডের x ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ ক্ষারের x ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ

ইহার অর্থ, কোন অম্লের তুল্য-দ্রবণের কোন নির্দিষ্ট আয়তনকে প্রশমিত করিতে ক্ষারের সমায়তন তুল্য-দ্রবণ প্রয়োজন হইবে।

সহজেই বুঝা যায়, তুল্য-দ্রবণের পরিবর্তে যদি সম-মাত্রায় দুইটি অম্ল ও ক্ষার লওয়া হয়, উহাদের প্রশমনে সমায়তন পরিমাণ প্রয়োজন হইবে।

(১N) তুল্য-দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব ১০০০ ঘনসেন্টিমিটারে দ্রবীভূত থাকে।

$\frac{১}{২}$ N দ্রবণে „ „ „ „ ২ × ১০০০ „ „ „ „

∴ $\frac{১}{১০}$ N দ্রবণে „ „ „ „ ১০ × ১০০০ „ „ „ „

∴ $\frac{১}{৫০}$ N দ্রবণে „ „ „ „ ৫০ × ১০০০ „ „ „ „

অর্থাৎ, দ্রবণের মাত্রা পরিবর্তনের সঙ্গে ১ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রাব যে আয়তন দ্রবণে থাকিবে তাহা বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হইবে। অতএব, V ঘন-সেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণে যতটুকু অম্ল বা ক্ষার থাকে $\frac{১}{১০}$ N দ্রবণের ১০ V ঘন-সেন্টিমিটারে ততটুকু অম্ল বা ক্ষার থাকিবে।

∴ V ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ ২V ঘনসেন্টিমিটার $\frac{১}{২}$ N দ্রবণ

≡ ৪V " " $\frac{১}{৪}$ N দ্রবণ

≡ ১০V " " $\frac{১}{১০}$ N দ্রবণ

≡ ১০০V " " $\frac{১}{১০০}$ N দ্রবণ

অর্থাৎ, সম-পরিমাণ দ্রাববিশিষ্ট দুইটি দ্রবণের আয়তন ও মাত্রার গুণফল সর্বদা একই হইবে।

সুতরাং কোন একটি দ্রবণের মাত্রা ও আয়তন জানা থাকিলে উহা সেই পদার্থের তুল্য-দ্রবণের কত আয়তনের সমান বাহির করিতে পারা যাইবে। মনে কর, একটি অম্লের মাত্রা ০·০৫N, উহার ৪০ ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণের কত আয়তনের সমান হইবে?

ধর, উক্ত দ্রবণটুকু তুল্য-দ্রবণের x ঘনসেন্টিমিটারের সমতুল্য।

∴ ০·০৫N × ৪০ = x × ১

∴ x = ২ ঘনসেন্টিমিটার।

এই নিয়মটি অম্ল অথবা ক্ষার দ্রবণ উভয় ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য।

এখন ধরা যাউক, ৫০ ঘনসেন্টিমিটার একটি ০·২N মাত্রার অম্ল-দ্রবণকে ক্ষার দ্বারা প্রশমিত করিতে হইবে। ক্ষার-দ্রবণটির মাত্রা যদি ০·৩৫N হয়, তবে কত আয়তন ক্ষার-দ্রবণ প্রয়োজন হইবে?

৫০ ঘনসেন্টিমিটার ০·২N অম্ল-দ্রবণ ≡ ·২ × ৫০ ঘনসেন্টিমিটার অম্লের তুল্য-দ্রবণ।

মনে কর, ইহার প্রশমনে x ঘনসেন্টিমিটার ০·৩৫N ক্ষার-দ্রবণ প্রয়োজন।

∴ x ঘনসেন্টিমিটার ০·৩৫N ক্ষার-দ্রবণ ≡ ·৩৫ × x ঘনসেন্টিমিটার ক্ষারের তুল্য-দ্রবণ।

∴ ক্ষারের ·৩৫ × x ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ অম্লের ·২ × ৫০ ঘন-সেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ। কিন্তু সম-মাত্রার দ্রবণ সমায়তনে প্রশমিত হয়। অতএব

·৩৫ × x = ·২ × ৫০ [∴ x = ২৮·৬ ঘনসেন্টিমিটার]

অর্থাৎ, ক্ষারের মাত্রা × ক্ষারের আয়তন ≡ অম্লের মাত্রা × অম্লের আয়তন। এই সমতা সর্বক্ষেত্রেই প্রয়োগ করা সম্ভব।

একটি ক্ষার-দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তন লইয়া উহাকে একটি প্রমাণ অম্ল-দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত করিলে, উক্ত সমীকরণ হইতে ক্ষারের মাত্রা বা দ্রবণে ক্ষারের পরিমাণ জানা যাইবে। এইরূপে ক্ষার-পরিমাণ নির্ধারণকে 'ক্ষারমিতি' বলে।

একটি প্রমাণ ক্ষাব-দ্রবণ (অর্থাৎ মাত্রা ও আয়তন জানা আছে) দ্বারা কোন অম্লের দ্রবণের নির্দিষ্ট আযতনে উহার পরিমাণ ঐ ভাবেই নিরূপণ করা সম্ভব। ইহাই 'অম্লমিতি'।

প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুতকরণ: প্রমাণ-দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য নির্দিষ্ট আয়তনবিশিষ্ট কূপী ব্যবহৃত হয়। এই কূপীগুলির গলাতে একটি চিহ্ন দিয়া ১০০, ২৫০, ৫০০ বা ১০০০ ঘনসেন্টিমিটার আয়তন নির্দেশ করা থাকে। কূপীগুলির কাঁচের ছিপি থাকে। নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব তৌল সাহায্যে মাপিয়া কূপীতে লওয়া হয় এবং উহাতে জল দেওয়া হয়। দ্রাবটি গলিয়া গেলে আস্তে আস্তে চিহ্ন পর্যন্ত জল মিশান হয়। এইভাবে নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণে নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্রাব পাওয়া যায়। উহার মাত্রা জানা আছে, সুতরাং উহা প্রমাণ-দ্রবণ।

(ক) ·১N Na_2CO_3 **দ্রবণ**। Na_2CO_3এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ৫৩ গ্রাম। অতএব, ·১N দ্রবণের প্রতি লিটারে ৫·৩ গ্রাম Na_2CO_3 থাকে।

∴ ·১N দ্রবণের ২৫০ ঘনসেন্টিমিটারে $\frac{৫·৩}{৪}$ = ১·৩২৫ গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে।

একটি পরিষ্কার ও শুষ্ক তৌল-বোতল প্রথমে ওজন করা হয়। অতঃপর উহাতে অল্প অল্প করিয়া বিশুদ্ধ অনার্দ্র Na_2CO_3 চূর্ণ দেওয়া হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে ওজন করা হইতে থাকে। তৌল-বোতলের ওজন যতক্ষণ না ১·৩২৫ গ্রাম বৃদ্ধি পায় ততক্ষণ Na_2CO_3 স্বল্প পরিমাণে দেওয়া হয়। এইভাবে তৌল-বোতলে ১·৩২৫ গ্রাম প্রয়োজনীয় Na_2CO_3 লওয়া হইল।

২৫০ ঘনসেন্টিমিটার একটি কূপীকে উত্তমরূপে ধুইয়া লইয়া একটি ফানেলের সাহায্যে তৌল-বোতলের Na_2CO_3 টুকু উহাতে দেওয়া হয়। পরে তৌল-বোতলটি পুনঃ পুনঃ পাতিত জলে ধুইয়া ফানেলের ভিতর দিয়া কূপীতে দেওয়া হয়। অর্থাৎ, সম্পূর্ণ Na_2CO_3 কূপীতে স্থানান্তরিত করা হয়। Na_2CO_3 দ্রবীভূত হইলে কূপীতে আরও জল দেওয়া হয় যতক্ষণ না উহার উপরের তল কূপীর চিহ্নের সহিত এক হয়। কূপীটিকে ভাল করিয়া ঝাঁকাইয়া লইতে হয় যাহাতে দ্রবণটি সমভাবে মিশ্রিত হয়। অতএব, ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণে ১·৩২৫ গ্রাম Na_2CO_3 আছে। উহার মাত্রা ·১N। ইহা প্রমাণ-দ্রবণ।

(ii) প্রথমে একটি গাঢ়তর H_2SO_4 অ্যাসিড দ্রবণ মোটামুটি তৈয়ারী করিয়া লওয়া হয়। H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রাটি অতঃপর সঠিকভাবে নির্ণয় করা হয়। একটি পরিষ্কার বুরেটে এই অ্যাসিডটি লওয়া হয়। বুরেটটি অবশ্য ভাল করিয়া পরিষ্কার করিয়া এই অ্যাসিডেই প্রথমতঃ ধুইয়া লইতে হয়। একটি বীকারে পিপেট দ্বারা ২৫ ঘনসেন্টিমিটার Na_2CO_3র একটি প্রমাণ-দ্রবণ (১N অথবা ·১N) লওয়া হয় এবং উহাতে দুই ফোঁটা মিথাইল-অরেঞ্জ নির্দেশক এবং প্রায় তিন চার গুণ পরিমাণ (অর্থাৎ ১০০ ঘনসেন্টি.) পাতিত জল মিশান হয়। দ্রবণটি ক্ষারীয় বলিয়া উহার রং হলুদ থাকিবে। বুরেট হইতে এখন ক্ষার-দ্রবণে ফোঁটা ফোঁটা H_2SO_4 দ্রবণ দেওয়া হয় এবং একটি কাচদণ্ড সাহায্যে উহাকে নাড়ান হয়। এইভাবে H_2SO_4 দিতে থাকিলে যখন সম্পূর্ণ ক্ষারটুকু প্রশমিত হইবে, দ্রবণটি গোলাপী-লাল হইয়া পড়িবে। এইভাবে "প্রশমন-ক্ষণ" জানা যাইবে। বুরেটের লিখন হইতে কত ঘনসেন্টিমিটার অ্যাসিড দেওয়া হইয়াছে জানা যাইবে।

মনে কর, ২৫ ঘনসেন্টিমিটার ·১N ক্ষার প্রশমনে ৩·১ ঘনসেন্টিমিটার অ্যাসিড প্রয়োজন হইল।

$$\therefore \text{ অ্যাসিড-দ্রবণের মাত্রা} = \frac{২৫ \times ·১}{৩·১} N = ·৮০৬N।$$

এইভাবে বুরেট হইতে ক্ষার বা অম্ল ধীরে ধীরে অম্ল বা ক্ষারের ভিতর ঢালিয়া উহাদিগকে প্রশমিত করিয়া উহাদের মাত্রা নির্ণয় করাকে "টাইট্রেশন" (titration) বলে। উপযুক্ত পরিমাণে জল মিশাইয়া উহাকে ইচ্ছামত মাত্রায় পরিণত করা যায়।

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি সম্পর্কিত গণনা—

উদাহরণ ১। ১·১N.মাত্রাবিশিষ্ট একটি অম্ল-দ্রবণের ৩০০ ঘনসেন্টিমিটারের সহিত কতটুকু জল মিশাইলে উহা তুল্য-দ্রবণে পরিণত হইবে ?

মনে কর, x ঘনসেন্টিমিটার জল মিশ্রিত করিতে হইবে।

∴ (x + ৩০০) ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ ≡ ১·১ N মাত্রার ৩০০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণ।

∴ (x + ৩০০) × ১ = ১·১ × ৩০০

∴ x = ১·১ × ৩০০ − ৩০০ = ৩০ ঘনসেন্টিমিটার।

উদাহরণ ২। ২৫ ঘনসেন্টিমিটার ক্ষার-দ্রবণকে প্রশমিত করিতে ৩২ ঘনসেন্টিমিটার $\frac{১}{১০}$ N HCl দ্রবণ প্রয়োজন হইল। ক্ষার-দ্রবণটির মাত্রা কত ?

মনে কর, ক্ষার-দ্রবণের মাত্রা = x N

২৫ × x N = ৩২ × $\frac{১}{১০}$N

$x = \frac{৩২}{২৫} \times \frac{১}{১০}$ N = ১·২৮$\left(\frac{১}{১০}\right)$N

অথবা, ক্ষার-দ্রবণের মাত্রা, ·১২৮ N।

উদাহরণ ৩। ২০ ঘনসেন্টিমিটার N HCl এবং ৬০ ঘনসেন্টিমিটার $\frac{১}{২}$N H_2SO_4 মিশ্রিত করা হইয়াছে। মিশ্রণটিকে ·৩৩ N KOH দ্রবণ সাহায্যে প্রশমিত করিতে কতটা ক্ষার-দ্রবণ প্রয়োজন হইবে ?

৬০ ঘনসেন্টিমিটার $\frac{N}{২}H_2SO_4$ ≡ ৩০ ঘনসেন্টিমিটার N H_2SO_4

∴ মিশ্রণে মোট (২০ + ৩০) = ৫০ ঘনসেন্টিমিটার তুল্য-দ্রবণ আছে। মনে কর, উহার প্রশমনে x ঘনসেন্টিমিটার ·৩৩N KOH লাগিবে।

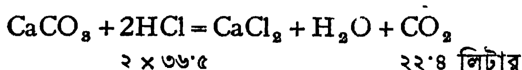
∴ x ঘনসেন্টিমিটার ·৩৩N ক্ষার-দ্রবণ ≡ ৫০ ঘনসেন্টিমিটার অম্লের তুল্য-দ্রবণ।

∴ x × ·৩৩ = ৫০ × ১

∴ $x = \frac{৫০}{·৩৩}$ = ১৫১·৫ ঘনসেন্টিমিটার ক্ষার-দ্রবণ।

উদাহরণ ৪। একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ২০ ঘনসেন্টিমিটার দ্রবণ অতিরিক্ত পরিমাণ চকের গুঁড়ার সহিত মিশ্রিত করিলে প্রমাণ-অবস্থায় ১০

ঘনসেন্টিমিটার CO_2 পাওয়া গেল। অম্ল-দ্রবণটির শক্তি তুল্যাঙ্ক-মাত্রায় নির্ণয় কর।



$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2$$

২ × ৩৬·৫ ২২·৪ লিটার

অর্থাৎ ২২৪০০ ঘনসেন্টিমিটার CO_2 প্রমাণ-অবস্থায় উৎপন্ন করিতে ৭৩ গ্রাম HCl প্রয়োজন।

∴ ১০ ঘনসেন্টিমিটার CO_2 অবস্থায় উৎপন্ন করিতে

$$\frac{৭৩ \times ১০}{২২৪০০} = ·০৩২৬$$ গ্রাম HCl প্রয়োজন।

∴ ২০ ঘনসেন্টিমিটার অম্ল-দ্রবণে ·০৩২৬ গ্রাম HCl আছে

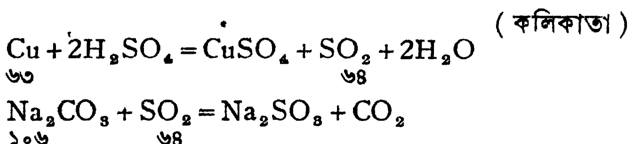
∴ ১০০০...................... $\frac{·০৩২৬ \times ১০০০}{২০} = ১·৬৩$ গ্রাম HCl আছে

HCl-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, ৩৬·৫ গ্রাম

সুতরাং, উক্ত-দ্রবণের তুল্যাঙ্ক-মাত্রা $= \frac{১·৬৩}{৩৬·৫}$ N

$= ·০৪৪$ N।

উদাহরণ ৫। ১০ গ্রাম কপারের সহিত অতিরিক্ত গাঢ় H_2SO_4এর বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত SO_2 গ্যাস যদি ১ লিটার $\frac{১}{২}$ N Na_2CO_3 দ্রবণে পরিচালিত করা হয়, তবে কত গ্রাম Na_2CO_3 অপরিবর্তিত থাকিবে? (কলিকাতা)



$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$$

৬৩ ৬৪

$$Na_2CO_3 + SO_2 = Na_2SO_3 + CO_2$$

১০৬ ৬৪

∴ ৬৩ গ্রাম কপারের বিক্রিয়া-উদ্ভূত SO_2 ১০৬ গ্রাম Na_2CO_3কে রূপান্তরিত করে।

∴ ১০ গ্রাম...................... $\frac{১০৬ \times ১০}{৬৩}$ গ্রাম..........................

$= ১৬·৮২$ গ্রাম Na_2CO_3।

Na_2CO_3-এর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক, ৫৩ গ্রাম।

∴ $\frac{১}{২}$ N মাত্রার এক লিটার Na_2CO_3 দ্রবণে $\frac{৫৩}{২} = ২৬·৫$ গ্রাম Na_2CO_3 ছিল।

∴ অপরিবর্তিত Na_2CO_3এর পরিমাণ $= ২৬·৫ - ১৬·৮২$

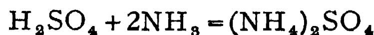
$= ৯·৬৮$ গ্রাম।

উদাহরণ ৬। ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার চাপের ৫ লিটার অ্যামোনিয়া ·১N H_2SO_4 অ্যাসিডের কত আয়তন পরিমাণ প্রশমিত করিবে ?

প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে উক্ত অ্যামোনিয়ার আয়তন "V" লিটার হইলে

$$\frac{V \times ৭৬০}{২৭৩} = \frac{৫ \times ৭৫০}{৩০০}$$

$$\therefore \quad V = \frac{৫ \times ৭৫০}{৩০০ \times ৭৬০} \times ২৭৩ = ৪\text{·}৪৯০ \text{ লিটার।}$$



$$H_2SO_4 + 2NH_3 = (NH_4)_2SO_4$$

৯৮ গ্রাম ২ × ২২·৪ লিটার

∴ প্রমাণ-অবস্থায় ৪৪·৮ লিটার অ্যামোনিয়া ৯৮ গ্রাম H_2SO_4 প্রশমিত করে।

∴ " ৪·৪৯ " " $\frac{৪৪\text{·}৮ \times ৯৮}{৪\text{·}৪৯}$ গ্রাম " প্রশমিত করে

= ৯৮০ গ্রাম। (আনুমানিক)

৪·৯ গ্রাম H_2SO_4 ·১N দ্রবণের ১ লিটারে থাকে

∴ ৯৮০ গ্রাম " " " $\frac{১ \times ৯৮০}{৪\text{·}৯}$ " "

= ২০০ লিটারে থাকে।

অতএব উক্ত অ্যামোনিয়া ২০০ লিটার অ্যাসিড-দ্রবণ প্রশমিত করিবে।

অনুশীলন

১। নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির সহিত কি পরিমাণ জল মিশ্রিত করিলে উহারা তুল্য-দ্রবণে পরিণত হইবে ?

(ক) ৫০০ ঘনসেন্টিমিটার ১·২N HCl,
(খ) ১৫০০ " ১·৩২N NaOH
(গ) ৬৩ " ১·৮N H_2SO_4।

২। নিম্নলিখিত দ্রবণগুলি হইতে কতটুকু আয়তন লইলে উহাদের স্ব স্ব ·০১N মাত্রার ১ লিটার দ্রবণ পাওয়া যাইবে ?

(ক) ·০৮N NaOH (খ) ·০৩৬N HCl (গ) ·০৯৮N Na_2CO_3।

৩। NaOH এবং Na_2CO_3-এর সমান ওজন পরিমাণ সমায়তন জলে দ্রবীভূত করিলে দ্রবণ দুইটির তুল্যাঙ্ক-মাত্রার অনুপাত কি হইবে ?

৪। একটি সালফিউরিক অ্যাসিডে ওজনানুপাতে ২২·২% H_2SO_4 আছে। উহার ঘনত্ব, ১·১৬০। এই অ্যাসিডটির তুল্যাঙ্ক-মাত্রা কত ?

৫। নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির তুল্যাঙ্ক-মাত্রা বাহির কর :—

(ক) H_2SO_4 : ঘনত্ব = ১·৮০৬৮, গাঢ়ত্ব = ৮৭·৮%

(খ) NaOH দ্রবণ : ঘনত্ব = ১·৩২, গাঢ়ত্ব = ২৮%।

৬। ১০·৮% HCl দ্রবণের (ঘনত্ব = ১·০৫) কত আয়তন পরিমাণ লইলে ৫ লিটার N HCl করা সম্ভব হইবে ?

৭। ৫০ ঘনসেন্টিমিটার একটি NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করিতে ৩৬ ঘনসেন্টিমিটার ০·৩৬N HCl প্রয়োজন হইল। কস্টিক সোডা দ্রবণটির তুল্যাঙ্ক-মাত্রা এবং উহার প্রতি লিটারে কত গ্রাম NaOH আছে নির্ণয় কর।

৮। ৩০ ঘনসেন্টিমিটার H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করিতে ১৮ ঘনসেন্টিমিটার ০·৫N Na_2CO_3 প্রয়োজন হইল। H_2SO_4 দ্রবণটির তুল্যাঙ্ক-মাত্রা কি ? ঐ দ্রবণের প্রতি লিটারে কত গ্রাম H_2SO_4 আছে ?

৯। নিম্নলিখিত দ্রবণসমূহকে পৃথক পৃথক প্রশমিত করিতে হইলে কি কি আয়তন ০·২৫N Na_2CO_3 প্রয়োজন ?

(ক) ৫০ ঘনসেন্টিমিটার ০·৫N H_2SO_4 অ্যাসিড,

(খ) ৩২ „ ০·৩২N অ্যাসেটিক অ্যাসিড,

(গ) ৮০ „ ০·১২N অক্সালিক অ্যাসিড।

১০। ৬৬ ঘনসেন্টিমিটার আয়তনের একটি Na_2CO_3 ছিল। উহা প্রশমিত করিতে ০·৪৪N মাত্রার ৪২ ঘনসেন্টিমিটার H_2SO_4 প্রয়োজন হইল। Na_2CO_3 দ্রবণটিতে কত গ্রাম Na_2CO_3 ছিল ?

১১। ২৫ ঘনসেন্টিমিটার ০·৬N HClএর সহিত ৪০ ঘনসেন্টিমিটার ০·২N Na_2CO_3 দ্রবণ মিশাইলে, মিশ্রিত দ্রবণের অম্ল-মাত্রা কি হইবে ? মিশ্রিত দ্রবণে কত গ্রাম NaCl আছে ?

১২। ১০২ ঘনসেন্টিমিটার ০·১N NaOH এর সহিত ৯৮ ঘনসেন্টিমিটার ০·১N H_2SO_4 মিশাইলে, মিশ্রিত দ্রবণের ক্ষারমাত্রা কি হইবে ?

১৩। ৬০ ঘনসেন্টিমিটার N H_2SO_4এর সহিত ৪০ ঘনসেন্টিমিটার $\frac{N}{২}$ H_2SO_4 মিশাইয়া উহাকে ১·১২N NaOH দ্বারা প্রশমিত করা হইল। NaOH দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন হইবে ?

১৪। ২৫ ঘনসেন্টিমিটার একটি ক্ষার-দ্রবণকে প্রথমতঃ ০·৭৫ N মাত্রার ৮ ঘনসেন্টিমিটার একটি অ্যাসিড দ্বারা প্রশমন করা হইল। সম্পূর্ণ প্রশমন করার জন্য ০·৮N মাত্রার আরও ১৫ ঘনসেন্টিমিটার অ্যাসিড প্রয়োজন হইল। ক্ষার-দ্রবণটির মাত্রা কত ? (কলিকাতা, ১৯১৩)

১৫। ২০ ঘনসেন্টিমিটার H_2SO_4 অ্যাসিড-দ্রবণকে প্রশমিত করিতে প্রথমতঃ ২০ ঘনসেন্টিমিটার ০·২N NaOH দেওয়া হইল এবং পরে সম্পূর্ণ প্রশমনের জন্য আরও ৪·৫ ঘনসেন্টিমিটার ০·০৫N Na_2CO_3 দিতে হইল। অম্লদ্রবণটির প্রতি লিটারে কত গ্রাম H_2SO_4 ছিল ?

১৬। ০·৫ গ্রাম পটাসিয়াম-বাই-কার্বনেটকে সম্পূর্ণ প্রশমিত করিতে ২০ ঘনসেন্টিমিটার ০·২৫N HCl প্রয়োজন হয়। পটাসিয়াম-বাই-কার্বনেটের তুল্যাঙ্ক কত ?

১৭। ৪০০ ঘনসেন্টিমিটার ০·১N HCl অ্যাসিডে কত গ্রাম আয়রন দ্রবীভূত হইবে ?

১৮। ১ গ্রাম বিশুদ্ধ ধাতুকে দ্রবীভূত করিতে ৩০·৬ ঘনসেন্টিমিটার N HCl প্রয়োজন হইল। ধাতুটি দ্বিযোজী। উহার পারমাণবিক গুরুত্ব কত ?

১৯। ১০% সোডিয়াম-কার্বনেট দ্রবণের কত আয়তন ১ লিটার H_2SO_4 অ্যাসিডকে প্রশমিত করিবে ? সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রতি লিটারে ৪·৯ গ্রাম H_2SO_4 আছে।

(কলিকাতা, ১৯১৩)

২০। সোডিয়াম-বাই-সালফেট $NaHSO_4$ অম্লরূপে ব্যবহৃত হয়। ২৫০ ঘনসেন্টিমিটার ১·২ N HNO_3 প্রশমনে যতখানি N KOH প্রয়োজন হয় সেই পরিমাণ কস্টিক-পটাস প্রশমিত করিতে কত গ্রাম $NaHSO_4$ প্রয়োজন হইবে ?

২১। সোডিয়াম-কার্বনেট ও পটাসিয়াম-কার্বনেটের একটি মিশ্রণের ২·০ গ্রাম প্রশমিত করিতে ৩০ ঘনসেন্টিমিটার N H_2SO_4 প্রয়োজন হইল। মিশ্রণটিতে শতকরা কত ভাগ পটাসিয়াম-কার্বনেট ছিল ?

২২। ১০ ঘনসেন্টিমিটার H_2SO_4 (ঘনত্ব, ১·৮৩) লইয়া জল মিশাইয়া ১ লিটার করা হইল। এই দ্রবণের ২০ ঘনসেন্টিমিটারকে প্রশমিত করিতে ৩৫ ঘনসেন্টিমিটার ০·২N NaOH প্রয়োজন হইল। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডটিতে শতকরা কত ভাগ H_2SO_4 ছিল ?

২৩। ১০ গ্রাম NaOH (৯৫%) লইয়া ২০০ ঘনসেন্টিমিটার জলে দ্রবীভূত করা হইল। উহার সহিত ৫০ ঘনসেন্টিমিটার ১·৫N HCl মিশ্রিত করা হইল। অতঃপর জল মিশাইয়া মিশ্রিত দ্রবণের আয়তন ৫০০ ঘনসেন্টিমিটার করা হইল। এই দ্রবণটির ক্ষার অথবা অম্ল-মাত্রা বাহির কর।

(কলিকাতা, ১৯২৮)

২৪। এক কিলোগ্রাম $CaCO_3$ হইতে উদ্ভূত চুনকে প্রশমিত করিতে ০·১N মাত্রার কত আয়তন HCl প্রয়োজন ? (কলিকাতা, ১৯৩৮)

২৫। ·২৮১৫ গ্রাম চুনাপাথরকে ৩০ ঘনসেন্টিমিটার N HNO_3 অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হইল। অতিরিক্ত অম্লটুকুর প্রশমনে ২৪·৪৩ ঘনসেন্টিমিটার N (NaOH) প্রয়োজন হইল। চুনাপাথরটিতে শতকরা কত ভাগ CO_2 ছিল বাহির কর। (এলাহাবাদ, ১৯২৮)

২৬। সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের একটি মিশ্রণের ২ গ্রাম ৫০ ঘনসেন্টিমিটার N NaOH সহিত উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া দূর করা হইল। অতঃপর অতিরিক্ত ক্ষারটুকু ২০ ঘনসেন্টিমিটার N H_2SO_4 দ্বারা প্রশমিত করা হইল। মিশ্রণটিতে NH_4Cl শতকরা কত ভাগ ছিল ? (বোম্বাই, ১৯১৭)

২৭। ১০ ঘনসেন্টিমিটার একটি ক্ষার-দ্রবণ ১৭ ঘনসেন্টিমিটার একটি H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করে। আবার, ২৫ ঘনসেন্টিমিটার উক্ত ক্ষার-দ্রবণ ৩৫ ঘনসেন্টিমিটার একটি HCl দ্রবণ প্রশমিত করে। অম্লদ্রবণ দুইটির শক্তির তুলনা কর।

২৮। ১২৫ ঘনসেন্টি. লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে অতিরিক্ত পরিমাণ ফেরাস সালফাইড দিয়া প্রমাণ অবস্থায় ৫৬০ ঘনসেন্টি. H_2S পাওয়া গেল। অ্যাসিডের অম্ল-মাত্রা কি ছিল ? (কলিকাতা)

২৯। একটি ধাতুর ০·২১ গ্রাম ১০০ ঘনসেন্টি. ০·৫N H_2SO_4এ দ্রবীভূত করা হইল। অতিরিক্ত অ্যাসিড প্রশমিত করিতে প্রমাণ মাত্রার ৩২·৫ ঘনসেন্টি. ক্ষার প্রয়োজন হইল। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক কত?

৩০। একটি দ্বিযোজী ধাতুর ১·০৫৪ গ্রাম কার্বনেট ৫০ ঘনসেন্টি. N HCl অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিবার পর অতিরিক্ত অম্লটুকু ৫০ ঘনসেন্টি. ০·৫N NaOH দ্বারা প্রশমিত করা হইল। ধাতুটির পারমাণবিক গুরুত্ব কত?

পরিভাষা

(ক)

অংশপ্রেষ—partial pressure
অংশাঙ্কিত কুপী—graduated flask
অংশাঙ্কিত নল—graduated tube
অগ্নিসহ—fire proof
অগ্ন্যুৎপাদক বোমা—incendiary bomb
অঙ্গার—carbon
অঙ্গারাম্ল—carbon dioxide
অজৈব—inorganic
অণু—molecule
অতিতপ্ত—superheated
অতিপৃক্ত—supersaturated
অতিবেগুনী আলো—ultra-violet rays
অদ্রবণীয়, অদ্রাব্য—insoluble
অধঃক্ষেপ—precipitate
অধঃক্ষেপণ—precipitation
অধাতু—non-metal
অধোভ্রংশ—downward distillation
অনচ্ছ—opaque
অনার্দ্র—anhydrous
অনিয়তাকার—amorphous
অনুদ্বায়ী—non-volatile
অনুপ্রভ—phosphorescent
অনুপ্রেষপাতন—vacuum distillation
অন্তরক—insulator
অন্তর্ধূমপাতন—destructive distillation
অন্তর্ধৃতি—occlusion
অপদ্রব্য—impurities
অপরাবিদ্যুৎ—negative electricity
অপরাবিদ্যুৎবাহী—electronegative
অপরিবাহী—non-conductor
অবদ্রব—emulsion
অবরধাতু—base metal
অবশেষ—residue
অবস্থাগত পরিবর্তন—physical change
অবিকৃত—undecomposed, unreacted
অবিনাশিতা—indestructibility
অভিকর্ষাঙ্ক—acc. due to gravity
অভ্র—mica
অম্ল—acid
অম্লগ্রাহিতা—acidity (ক্ষারের)
অম্লরাজ—aqua regia
অম্ল লবণ—acid salt
অম্লসহ পাথর—acid-proof stone
অম্লমিতি—acidimetry
অম্লীকরণ—acidification
অষ্টপলা—octahedral
অসংপৃক্ত—unsaturated
অসমকেন্দ্রী—eccentric
অসমযোজ্যতা—co-ordinate covalency
অসমসত্ত্ব—heterogeneous
অস্থিভস্ম—bone ash
আংশিক কেলাসন—fractional crystallisation
আংশিক পাতন—fractional distillation
আকরিক—ore
আণবিক গুরুত্ব—molecular weight
আণবিক দ্রবণ—molar solution
আণবিক সঙ্কেত—molecular formula
আদর্শ মৌল—type elements
আর্দ্র বিশ্লেষণ—hydrolysis
আদিক—qualitative
আপেক্ষিক তাপ—specific heat
আধান—charge
আবরণ—coating, layer
আবর্জনা—impurities
আবর্ত বলয়—vortex ring
আবেশ কুণ্ডলী—induction coil
আম্লিক—acidic

আয়তন—volume
আয়তন অনুপাত—volumetric composition
আয়নিত হওয়া—ionisation
আলকাতরা—coal-tar
আলোড়ক—stirrer
আসক্তি—affinity
আস্রাবণ—decantation

ইন্ধন—fuel
ইস্পাত—steel
ইস্পাত সঙ্কর—alloy steel

উজ্জ্বলন চামচ—deflagrating spoon
উভমুখী—reversible
উৎসেচক—enzyme
উৎক্ষেপী পাম্প—force pump
উদ্‌গ্রহ—deliquescence
উদ্‌ত্যাগ—efflorescence
উদ্বায়ী—volatile
উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার—wood charcoal
উদ্দীপক—promoter
উপজাত দ্রব্য—by-products
উপাদান—components, constituents, ingredients
উভধর্মী—amphoteric
উষ্ণতা—temperature

ঊর্ধ্বপাতন—sublimation
ঊর্ধ্বভ্রংশ—upward displacement

ঋণাত্মক—negative

একক—unit
একপরমাণুক—monatomic
একবৃত্তিক—monotropic
একযোজী—monovalent
একস্থানিক—isotopes
একাম্লী—monacidic

ওজন—weight
ওজন-সংযুক্তি—gravimetric composition

কঞ্চুক—jacket
কঠিন—solid
কপারের ছিলা—copper turnings
কলিচুন—slaked lime
কল্ক—sediment
কর্পূর—camphor
কাচদণ্ড—glass rod
কাচনল—glass tube
কাঁচা মাল—raw material
কীটনাশক—germicidal
কূপী—flask
কৃত্রিম সার—artificial fertiliser
কেন্দ্রাতিগ—centrifugal
কেলাস—crystal
কেলাস জল—water of crystallisation
কেলাসন—crystallisation
কোমলায়ন—annealing
কোহল—alcohol
কৈশিক—capillary
ক্রিয়া—action

ক্ষণভঙ্গুর—unstable
ক্ষার—alkali
ক্ষারক—base
ক্ষারকীয়—basic
ক্ষারগ্রাহিতা—basicity
ক্ষারধাতু—alkali metals
ক্ষারমিতি—alkalimetry
ক্ষারলবণ—basic salt
ক্ষারীয়—alkaline
ক্ষীণ—weak

খনিজ—mineral
খনিজ জল—mineral water
খনিজ মল—gangue
খরজল—hard water
খর্পর—basin
খরতা—hardness
খল—mortar
খাদ্য লবণ—common salt

গন্ধক—sulphur
গন্ধক রজ—flowers of sulphur
গলন—melting
গলনাঙ্ক—melting point
গলিত—fused, molten
গাঢ়—concentrated
গাঢ়ত্ব, গাঢ়ীকরণ—concentration
গাদ—slime, sediment
গালক মিশ্র—fusion mixture
গুটী—bead
গুণানুপাত সূত্র—law of multiple proportion
গুরু ধাতু—heavy metals
গোলা চুন—milk of lime
গ্যাসায়তন সূত্র—law of gaseous volume
গ্যাসদ্রোণী—pneumatic trough
গ্যাসব্যাপন—gaseous diffusion
গ্যাসমাপক যন্ত্র—eudiometer
গ্যাসমিতি—eudiometry
গ্যাসীয় অবস্থা—gas or gaseous state
গ্রাম অণু—gram molecule
গ্রাম তুল্যাঙ্ক—gram equivalent
গ্রাম পরমাণু—gram atom
গ্রাহক—receiver

ঘনত্ব—density
ঘনায়তন—volume
ঘনীভবন—condensation
ঘাতসহতা—malleability
ঘূর্ণী চুল্লী—rotatory furnace
ঘোলাটে—turbid

চাপ—pressure
চিক্কণ লেপ—glaze
চিহ্ন—symbol
চুন—lime
চুনের জল—lime water
চুনের ভাটি—lime kiln
চুল্লী—furnace
চুনাপাথর—limestone

চেতনানাশক—anaesthetic

জটিল লবণ—complex salt
জলগাহ—water bath
জ্বলনাঙ্ক—ignition temperature, flash point
জলাকর্ষী—hygroscopic
জড় পদার্থ—matter
জড় পদার্থের নিত্যতাবাদ—law of conservation of matter
জালি—wire-gauge
জারক—oxidising agent
জারণ—oxidation
জায়মান—nascent
জৈবজাতীয়—organic
জৈবদ্রাবক—organic solvent
জৈবপদার্থ—organic substance

ঝাঁঝরা হাতা—perforated ladle
ঝামাপাথর—pumice stone
ঝালাই—solder
ঝিল্লী-বিশ্লেষণ—dialysis

ঢালাই লোহা—cast iron

তঞ্চন—coagulation
তত্ত্ব—theory
তরল—liquid, fluid
তল—surface
তড়িৎ—electricity
তড়িৎ-উদাসী—electrically neutral
তড়িৎ-নিরপেক্ষ „
তড়িৎলেপন—electro-plating
তড়িৎ-পরিবাহিতা—electrical conductivity
তড়িৎ-বিশোধন—electro-refining
তড়িৎ-বিয়োজন—electrolytic dissociation
তড়িৎ-বিশ্লেষণ—electrolysis
তড়িৎ-বিশ্লেষ্য—electrolyte
তড়িদ্দ্বার—electrodes
তাপ—heat

তাপ-উৎপাদক—exothermic
তাপ-গ্রাহক, তাপশোষক—endothermic
তাপজারণ—roasting
তাপনমূল্য—calorific value
তাপ-পরিবাহিতা—conduction of heat
তাপ বিনিময়—exchange of heat
তাপ-বিযোজন—decomposition by heat
তাপ-বিয়োজন—thermal dissociation
তাপীয় একক—thermal unit
তাম্র—copper
তারজালি—wire gauge
তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক—electro-chemical equivalent
তীক্ষ্ণ-ক্ষার—caustic alkali
তীব্র-অম্ল—strong acid
তীব্রতা—strength
তুঁতে—copper sulphate
তুলাদণ্ড—balance
তুল্যাঙ্ক—equivalent weight
তুল্যাঙ্ক-অনুপাত সূত্র—law of equivalent proportion
তুল্যাঙ্ক মাত্রা—normality
তুল্য-দ্রবণ—normal solution
তেজস্ক্রিয়া – radio-activity
ত্রিযোজী—trivalent
থিতান—sedimentation
দস্তা—zinc
দস্তারজ—zinc dust
দস্তার ছিবড়া—granulated zinc
দহন—combustion
দহন সহায়ক—supporter of combustion
দাহ-চুল্লী—combustion furnace
দাহ-নল—combustion tube
দাহ্য—combustible, inflammable
দীর্ঘনাল-ফানেল—thistle funnel
দীপ—burner
দ্যুতি—lustre
দুঃস্থিত—unstable
দ্রব, দ্রবণ—solution
দ্রবীভূত—dissolved
দ্রাব—solute
দ্রাবক—solvent
দ্রাব্যতা—solubility
দ্রাব্যতা-লেখ—solubility curve
দ্রোণী—trough
দ্বি-আম্লিক—di-acidic
দ্বি ক্ষারী—dibasic
দ্বিধাতুক লবণ—double salt
দ্বিপরমাণুক—diatomic
দ্বিযোজী—divalent
দ্বিযৌগিক পদার্থ—binary compound
ধনাত্মক—positive
ধর্ম—properties
ধর্ম, অবস্থাগত—physical properties
ধর্ম, রাসায়নিক—chemical properties
ধাতু—metal
ধাতুকল্প—metalloid
ধাতুনিষ্কাশন—extraction of metal
ধাতুমল—slag
ধাতুলেপন—plating
ধাতু-সঙ্কর—alloys
ধূমায়মান—fuming
ধূসর—gray
নমনীয়—plastic
নল—tube
না-ধর্মী—negative
নিক্তি—balance
নির্গম-নল—delivery tube
নিত্য—constant
নির্দেশক—indicator
নির্বাত-অবস্থা—absence of air
নির্বীজন--sterilisation
নিরাপদ দীপ—safety-lamp
নিরুদক—anhydride

নিরুদক, নিরুদনকারী—dehydrating agent
নিরুদন—dehydration
নিশাদল—salammoniac, ammon-chloride
নিষ্কাশন—extraction, liberation
নিষ্ক্রিয়-গ্যাস—inert gas
নিষ্ক্রিয় লোহ—passive iron

পদার্থ—matter
পদার্থের অবস্থা—states of matter
পদার্থের গঠন—constitution of matter
পদ্ধতি—process
পরম উষ্ণতা—absolute temperature
পরম মাত্রা—absolute scale
পরম শূন্য—absolute zero
পরমাণু—atom
পরমাণু-ক্রমাঙ্ক—atomic number
পরমাণু তাপ—atomic heat
পরমাণু বাদ—atomic theory
পরাবর্তচুল্লী—reverberatory furnace
পরাবিদ্যুৎ—positive electricity
পরাবিদ্যুৎবাহী—electropositive
পরিবর্তাঙ্ক—transition temperature
পরিন্যাস—deposit
পরিস্রাবণ, পরিস্রুতি—filtration
পরিস্রুৎ—filtrate
পরীক্ষা—experiments, test
পর্যায়—period
পর্যায়-সারণী—periodic table
পর্যায়-সূত্র—periodic law
পাতন—distillation
পাতনকুপী—distillation flask
পান-দেওয়া—tempering
পারদ—mercury
পারদসঙ্কর—amalgam
পারমাণবিক গুরুত্ব—atomic weight
পুনরুৎপাদন-প্রণালী—regenerative process
পেটালোহা—wrought iron
প্রকল্প—hypothesis
প্রকোষ্ঠপদ্ধতি—chamber process
প্রক্রিয়া—method, process
প্রণালী—method
প্রজ্বলন—ignition, burning
প্রতিবিন্যাস—rearrangement
প্রতিসরাঙ্ক—refractive index
প্রতিস্থাপন—displacement
প্রতিস্থাপিত—substituted
প্রবর্ধক—positive catalyst
প্রভাবক—catalyst
প্রভাবন—catalysis
প্রমাণ অবস্থা—N.T.P.
প্রমাণ উষ্ণতা—normal temperature
প্রমাণ ঘনত্ব—normal density
প্রমাণ চাপ—normal pressure
প্রমাণ দ্রবণ—standard solution
প্রলম্বিত—suspended
প্রলেপ—coating
প্রশম—neutral
প্রশমন—neutralisation
প্রশমন-ক্ষণ—neutral point
প্রসারণ—expansion
প্রসারাঙ্ক—co-efficient of expansion
প্রসার্যতা—ductility
প্রাণিজ-অঙ্গার—animal charcoal
প্রেষ—pressure

ফটকিরি—alum
ফুৎশিখা—blowpipe flame
ফেনা—froth, foam, lather
ফোয়ারা পরীক্ষা—fountain experiment

বকযন্ত্র—retort
বর্গ, শ্রেণী—group
বর্ণালী—spectrum
বর্ণালী-পটি—band spectrum
বর্ধক—positive catalyst
বন্ধন—fixation
বরধাতু—noble metals
বলয়-পরীক্ষা—ring-test

বলাহিত—activated
বস্তু—substance
বহুবৃত্তিক—enantiotropic
বহুযোজী—polyvalent, multivalent
বহুযৌগিক-ক্রিয়া—polymerisation
বহুরূপতা—allotropy
বাতচোষক—aspirator
বাধক—negative catalyst
বালিখোলা—sand-bath
বালু—sand
বায়ু—air
বায়ুচুল্লী—air oven
বায়ুমণ্ডল—atmosphere
বায়ুরোধী—air-tight
বাষ্প—vapour
বাষ্পঘনত্ব—vapour density
বাষ্পীভবন—vaporisation, evaporation
বিকারক—reagent
বিক্রিয়ক—reactant
বিক্রিয়া—chemical reaction
বিক্রিয়াজাত ফল—products, resultants
বিক্রিয়াতাপ—heat of reaction
বিগলন—smelting
বিগালক—flux
বিজারক—reducing agent
বিজারণ—reduction
বিদ্যুৎক্ষরণ, বিদ্যুৎমোক্ষণ—electric discharge
বিদ্যুৎ-পরিবাহিতা—conduction of electricity
বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ—electric spark
বিন্দুপাতী, বিন্দুপাতী-ফানেল—dropping funnel
বিপরিবর্ত-ক্রিয়া—double decomposition
বিপরীত-অনুপাত—inversely proportional
বিবর্তন-চক্র—cycle
বিযোজন—decomposition
বিয়োজন—dissociation
বিরঞ্জক-চূর্ণ—bleaching powder
বিরঞ্জন—bleaching
বিরলমৃত্তিক মৌল—rare-earth elements
বিশোধন—refining
বিশোষক—absorbent
বিশোষণ—absorption
বিশ্লেষণ—analysis, decomposition
বিশ্লেষক ঝিল্লী—dialyser
বিস্ফোরক—explosive
বীজঘ্ন—disinfectant
বীজবারক—antiseptic
বুদ্বুদ—bubble
বুদ্বুদন—effervescence
বৃত্তাকার যৌগ—ring compounds
বেগ—velocity
ব্যাপন, ব্যাপ্তি—diffusion
ব্যাপন বেগ—velocity of diffusion
ব্যস্ত-অনুপাত—inversely proportional
ভঙ্গুর—brittle
ভস্ম—ash, calx
ভস্মীকরণ—calcination
ভাসমান—floating, suspended
ভাস্বর—incandescent
ভূসা—lampblack, soot
ভৌত—physical
মধ্যাবরক—diaphragm
মরিচা—rust
মাত্রিক—quantitative
মারুতচুল্লী—blast furnance
মালিন্য—impurities
মিথোনুপাত সূত্র—law of reciprocal proportions
মিশ্রণ, সংমিশ্রণ—mixture
মিশ্র পদার্থ—mechanical mixture
মুষাধার—clay-pipe triangle
মুচি—crucible
মূলক—radical
মৃৎক্ষার ধাতু—alkaline earth metals

মৃদু-অম্ল—weak acid
মৃদু-ক্ষার—weak base
মৃদু-জল—soft water
মৃদু-দহন—slow combustion
মৌল, মৌলিক পদার্থ—elements
যন্ত্র—apparatus
যুগ্ম-লবণ—double-salt
যুত-যৌগিক—additive compound
যোজক—bond, valence bond
যোজনভার—combining weight
যোজ্যতা—valency
যৌগ, যৌগিক পদার্থ—compounds
যৌগমূলক—radical
রঞ্জন—dyeing
রসায়ন—chemistry
রাগ-বন্ধক—mordant
রাগ-বন্ধন—mordanting
রাসায়নিক—chemical
রাসায়নিক পরিবর্তন—chemical change
রূপভেদ—allotropic modification
রূপান্তর—change
লঘু—dilute
লবণ—salt
লবণোদক—brine
লেই—paste
লোহিত তপ্ত—red-hot
লৌহচূর—iron filings
শক্তি—energy
শক্তি—strength, normality of a solution
শঙ্কু-কূপী—conical flask
শব্দহীন তড়িৎক্ষরণ—silent electric discharge
শমিতলবণ—neutral salt
শিখা—flame
শিখা বিজারক—reducing flame
শিখা জারক—oxidising flame
শীতক—condenser
শুষ্ক পরীক্ষা—dry test
শুষ্কীকরণ—desiccation
শূন্যগর্ভ—hollow
শেষদ্রব—mother liquor
শোধন—purification
শোষকাধার—desiccator
শোষণ—absorption
শ্বেততপ্ত—white-hot
শ্রেণী—group
সঙ্কর—alloy
সঙ্কেত—formula
সঙ্কোচন—contraction
সংগঠন—formation
সংনম্যতা—compressibility
সংবৃত-চুল্লী—muffle furnace
সংমিশ্রণ—mixture
সংশ্লেষণ—synthesis
সংযুতি—composition
সংযুতি-সঙ্কেত—structural formula
সংযোগ—union
সংযোগসূত্র—laws of chemical combination
সক্রিয়—active, reactive
সঙ্কোচনশীল—compressible
সচ্ছিদ্র—porous
স্টীমপ্রকোষ্ঠ—steam oven
স্থিতিস্থাপকতা—volume elasticity
স্থিরানুপাত সূত্র—law of constant proportion
স্থূলসঙ্কেত—empirical formula
সন্ধিগত মৌল—transitional elements
স্ফটিক—crystal, quartz
স্ফটিক লবণ—rock-salt
স্ফটিকীকরণ—crystallisation
স্ফুটন—boiling
স্ফুটনাঙ্ক—boiling point
সন্ধান—fermentation
সমগোত্রীয়—homologous

সমসত্ব—homogeneous
সমযৌগিক পদার্থ—isomers
সমযোজ্যতা—covalency
সম্পৃক্ত—saturated
সমাকৃতিত্ব—isomorphism
সমাকৃতিসম্পন্ন—isomorphous
সমাকৃতি-সূত্র—law of isomorphism
সমীকরণ—equation
সর—film, layer
সরন্ধ্র—porous
সরল অনুপাত—simple ratio
স্বতঃজারণ—auto-oxidation
স্বতঃদহন—spontaneous combustion
সাঙ্কেতিক আলোক—signal light
সাক্ষাৎ সংযোগ—direct union
সাধারণ, সামান্য-মিশ্র—mechanical mixture
সান্দ্র—viscous
সান্দ্রতা—viscosity
সার—fertiliser
সারবন্দী-কার্বন-যৌগ—open-chain compounds
সারণী—table
সিন্দুর—vermillion
সিক্ত-প্রণালী—wet process
সীসক, সীসা—lead
সূত্র—law
সোদক—hydrated
সোরা, শোরা—saltpetre
সোহাগা—borax

হাতা—ladle
হাঁ-ধর্মী—positive
হিমমিশ্র—freezing mixture
হিমাঙ্ক—freezing point
হিমীভবন—freezing
হিরাকস্—green vitriol, ferrous sulphate
হীরক—diamond

পরিভাষা

(খ)

Absence of air—নির্বাত-অবস্থা
Absolute scale—পরমমাত্রা
Absolute temp.—পরম উষ্ণতা
Absolute zero—পরম শূন্য
Absorb—বিশোষণ
Absorbent—বিশোষক
Acceleration due to gravity—অভিকর্ষাঙ্ক
Acid—অম্ল, অ্যাসিড
Acidic—আম্লিক
Acidification—অম্লীকরণ
Acidimetry—অম্লমিতি
Acidity of a base—ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা
Acid-proof—অম্লসহ
Acid salt—অম্ললবণ
Acid, strong—তীব্র অম্ল
Acid, weak—মৃদু অম্ল
Action—ক্রিয়া
Active—সক্রিয়
Activated—বলাহিত
Additive compound—যুত-যৌগিক
Affinity—আসক্তি
Air—বায়ু
Air oven—বায়ু-চুল্লী
Antiseptic—বীজবারক
Apparatus—যন্ত্র
Aqua regia—অম্লরাজ
Air-tight—বায়ুরোধী
Alcohol—কোহল
Alkali—ক্ষার
Alkali, caustic—তীক্ষ্ণ ক্ষার
Alkali metals—ক্ষার ধাতু
Alkali, mild—মৃদু ক্ষার

Alkaline—ক্ষারীয়
Alkaline earth metals—মৃৎক্ষার-ধাতু
Allotropic modification—রূপভেদ
Allotropy—বহুরূপতা
Alloy—সঙ্করধাতু
Alloy steel—ইস্পাত সঙ্কর
Alum—ফটকিরি
Amalgam—পারদমিশ্র, পারদ সঙ্কর, অ্যামালগাম
Amorphous—অনিয়তাকার
Amphoteric—উভধর্মী
Anaesthetic—চেতনানাশক
Analysis—বিশ্লেষণ
Anhydride—নিরুদক
Anhydrous—অনার্দ্র
Animal charcoal—প্রাণিজ-অঙ্গার
Annealing—কোমলায়ন
Aromatic—গন্ধবহ
Artificial fertiliser—কৃত্রিম সার
Aspirator—বাতচোষক
Atmosphere—বায়ুমণ্ডল
Atom—পরমাণু, অ্যাটম
Atomic—পারমাণবিক, অ্যাটমিক
Atomic heat—পরমাণুতাপ
Atomic number—পরমাণু-ক্রমাঙ্ক
Atomic theory—পরমাণুবাদ
Atomic weight—পারমাণবিক গুরুত্ব
Auto-oxidation—স্বতঃজারণ

Balance—তুলা, নিক্তি
Base—ক্ষারক
Basic—ক্ষারকীয়
Basicity (of an acid)—ক্ষারগ্রাহিতা
Basic salt—ক্ষারলবণ
Basin—খর্পর
Bead—গুটী
Binary compound—দ্বিযৌগিক পদার্থ
Bivalent—দ্বিযোজী
Blast furnace—মারুত চুল্লী
Bleaching—বিরঞ্জন
Blowpipe flame—ফুৎশিখা
Boiling—স্ফুটন
Boiling point—স্ফুটনাঙ্ক
Bone-ash—অস্থিভস্ম
Borax—সোহাগা
Brine—লবণোদক
Brittle—ভঙ্গুর
Bubble—বুদ্বুদ
Burner—দীপ
Bye-product—উপজাত

Calcination—ভস্মীকরণ
Calorific value—তাপনমূল্য
Clax—ভস্ম
Camphor—কর্পূর
Capillary—কৈশিক
Carbon—অঙ্গারক, কারবন
Carbon dioxide—অঙ্গারাম্ল
Cast iron—ঢালাই লোহা
Catalysis—প্রভাবন
Catalyst—প্রভাবক
Centrifugal force—কেন্দ্রাতিগ
Chamber process—প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি
Change—রূপান্তর
Charge—আধান
Chemical (adj.)—রাসায়নিক
Chemical change—রাসায়নিক পরিবর্তন
Chemical properties—রাসায়নিক ধর্ম
Chemistry—রসায়ন
Claypipe triangle—মৃষাধার
Coagulation—তঞ্চন
Coal-tar—আলকাতরা
Coating—আবরণ, সর
Co-efficient of expansion—প্রসারাঙ্ক
Combining weight—যোজনভার
Combustible—দাহ্য
Combustion—দহন
Combustion tube—দাহ-নল

Common salt—খাদ্য লবণ
Composition—সংযুতি
Compound—যৌগিক, যৌগ
Compound radical—যোগজ মূলক
Compressible—সঙ্কোচনশীল
Compressibility—সংনম্যতা
Concentrate—গাঢ়ীকরণ
Concentrated—গাঢ়, গাঢ়তাপন্ন
Concentration—গাঢ়ীকরণ, -ভবন
Condensation—ঘনীভবন, ঘনীকরণ
Condenser—শীতক, কন্‌ডেনসার
Conduction—পরিবাহিতা
Constant—নিত্য
Constituent—উপাদান
Constitution of matter—পদার্থের গঠন
Contraction—সঙ্কোচন
Co-ordinate covalency—অসমযোজ্যতা
Copper—তাম্র, তামা
Copper sulphate—তুঁতে, তুঁতিয়া
Copper turnings—কপারের ছিলা
Co-valency—সমযোজ্যতা
Crucible—মুচি, মুষা
Crystal—কেলাস
Crystallisation—কেলাসন
Cycle—বিবর্তন, চক্র

Decantation—আস্রাবণ
Decomposition—বিযোজন
Deflagrating spoon—উজ্জ্বলন-চামচ
Dehydration—নিরুদন
Deliquescence—উদগ্রহ
Deliquescent—উদগ্রাহী
Delivery tube—নির্গমনল
Density—ঘনত্ব
Deposit—পরিন্থাস
Desiccation—শুষ্কীকরণ
Desiccator—শোষকাধার
Destructive distillation—অন্তর্ধূমপাতন
Diacid—দ্বি-আম্লিক
Dialyser—বিশ্লেষক-ঝিল্লী
Diamond—হীরক
Diaphragm—মধ্যাবরক
Diatomic—দ্বিপরমাণুক
Dibasic—দ্বিক্ষারী
Diffusion—ব্যাপন
Dilute—লঘু
Direct combination, union—সাক্ষাৎ-সংযোগ
Disinfectant—বীজঘ্ন
Displacement—ভ্রংশ, প্রতিস্থাপন
Displacement downwards—অধোভ্রংশ
Displacement upwards—ঊর্ধ্বভ্রংশ
Dissociation—বিয়োজন
Dissolve—দ্রবীভূত করা
Distillation—পাতন
Distillation flask—পাতন-কুপী
Double decomposition—বিপরিবর্ত
Double salt—যুগ্মলবণ, দ্বিধাতুক লবণ
Dry test—শুষ্ক পরীক্ষা
Ductility—প্রসার্যতা
Dyeing—রঞ্জন

Eccentric—অসমকেন্দ্রী
Effervescence—বুদ্বুদন
Efflorescence—উদ্‌ত্যাগ
Electric discharge—বিদ্যুৎ-ক্ষরণ, মোক্ষণ
Electricity—বিদ্যুৎ, তড়িৎ
Electricity, negative—অপরাবিদ্যুৎ, না-ধর্মীবিদ্যুৎ
Electricity, positive—পরাবিদ্যুৎ, হাঁ-ধর্মীবিদ্যুৎ
Electricity neutral—উদাসী, তড়িৎ-নিরপেক্ষ
Electro-chemical equivalent—তাড়িত-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক
Electrode—তড়িৎ-দ্বার
Electrolysis—তড়িদ্‌বিশ্লেষ
Electrolyte—তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য
Electrolytic—তড়িদ্‌বিশ্লিষ্ট

Electrolytic dissociation—তড়িৎ-বিয়োজন
Electronegative—অপরাবিদ্যুৎবাহী
Electroplating—তড়িৎ-লেপন
Electropositive—পরাবিদ্যুৎবাহী
Electro-refining—তড়িৎ-বিশোধন
Element—মৌল, মৌলপদার্থ
Empirical formula—স্থূলসঙ্কেত
Enantiotropic—বহুবৃত্তিক
Endothermic—তাপগ্রাহী
Energy—শক্তি
Enzyme—এনজাইম, উৎসেচক
Equivalent—তুল্যাঙ্ক
Eudiometer—ইউডিয়মিটার, গ্যাসমান যন্ত্র
Eudiometry—গ্যাসমিতি
Evaporation—বাষ্পীকরণ, ভবন
Exothermic—তাপ-উৎপাদক
Expansion—প্রসারণ
Experiment—পরীক্ষা, অভিক্রিয়া
Explosive—বিস্ফোরক
Extraction—নিষ্কাশন

Fertilizer—সার
Fermentation—সন্ধান
Film—সর
Filtrate—পরিস্রুৎ
Filtration—পরিস্রুতি, পরিস্রাবণ
Fire-proof—অগ্নিসহ
Fixation—বন্ধন
Flame—অগ্নিশিখা
Flame, oxidising—জারক শিখা
Flame, reducing—বিজারক শিখা
Flash-point—জ্বলনাঙ্ক
Flask—কাচকূপী
Flask, conical—শঙ্কুকূপী
Flask, distillation—পাতনকূপী
Flask, graduated—অংশাঙ্কিত কূপী
Floating—ভাসমান
Flowers of sulphur—গন্ধক-রজ
Fluid—তরল
Flux—বিগলক
Force pump—উৎক্ষেপী পাম্প
Formation—সংগঠন
Fountain experiment—ফোয়ারা পরীক্ষা, উৎস পরীক্ষা
Fractional crystallization—আংশিক কেলাসন
Fractional distillation—আংশিক পাতন
Freezing—হিমীভবন
Freezing mixture—হিমমিশ্র
Freezing point—হিমাঙ্ক
Froth—ফেনা
Fuel—ইন্ধন
Fuming—ধূমায়মান
Funnel, dropping—বিন্দুপাতী-ফানেল
Funnel, thistle—দীর্ঘনাল-ফানেল
Furance—চুল্লী
Furance combustion—দাহচুল্লী
Furance, muffle—সংবৃতচুল্লী
Furnace, reverberatory—পরাবর্তচুল্লী
Fused—গলিত
Fusion—গলন
Fusion mixture—গালক মিশ্র
Fusion point—গলনাঙ্ক

Gangue—খনিজ মল
Gas—গ্যাস, গ্যাসীয় অবস্থা
Gaseous diffusion—গ্যাস-ব্যাপন
Germicidal—কীটনাশক
Glass rod—কাচদণ্ড
Glass tube—কাচনল
Glaze—চিক্কণ লেপ
Gram-atom—গ্রাম-পরমাণু
Gram-equivalent—গ্রাম-তুল্যাঙ্ক
Gram-molecule—গ্রাম-অণু
Granulated zinc—দস্তার ছিবড়া
Gravimetric composition—ভৌলিক সংযুতি

Gray—ধূসর
Green vitriol—হিরাকস
Group—শ্রেণী, বর্গ
Hardness—খরতা, কঠোরতা
Hard water
Heat—তাপ,
Heat exchange—তাপবিনিময়
Heat of reaction—বিক্রিয়া-তাপ
Heavy metal—গুরু-ধাতু
Heterogeneous—অসমসত্ত্ব
Homogeneous—সমসত্ত্ব
Homologous—সমগোত্রীয়
Hollow—শূন্যগর্ভ
Hydrated—সোদক
Hydrolysis—আর্দ্র-বিশ্লেষ
Hygroscopic—জলাকর্ষী
Hypothesis—প্রকল্প
Ignition—জ্বলন
Ignition temperature—জ্বলনাঙ্ক
Impurities—অপদ্রব্য, মালিন্য, আবর্জনা
Incandescent—ভাস্বর
Incendiary bombs—অগ্ন্যুৎপাদক বোমা
Indestructibility—অনশ্বরতা
Indicator—সূচক, নির্দেশক
Induction coil—আবেশ কুণ্ডলী
Inert, inactive—নিষ্ক্রিয়
Inflammable—দাহ্য
Ingredient—উপাদান
Inorganic—অজৈব, পার্থিব
Insoluble—অদ্রাব্য
Insulator—অন্তরক
Inversely proportional—ব্যস্ত অনুপাতে, বিপরীত অনুপাতে
Ionisation—আয়নিত হওয়া
Iron-filings—লৌহচূর্ণ
Iron, wrought—পেটা লোহা
Isomers—সমযৌগিক পদার্থ
Isomorphism—সমাকৃতিত্ব
Isomorphous—সমাকৃতি
Isotope—একস্থানিক
Jacket—কঞ্চুক, বহিরাবরণ
Ladle—হাতা
Lamp-black—ভুসা
Lather—ফেনা
Law—সূত্র
Law of Chemical combination—রাসায়নিক সংযোগ সূত্র
Law of conservation of matter—জড়পদার্থের নিত্যতাবাদ
Law of constant proportion—স্থিরানুপাত সূত্র
Law of equivalent proportion—তুল্যাঙ্ক-অনুপাত সূত্র
Law of gaseous volumes—গ্যাসায়তন সূত্র
Law of isomorphism—সমাকৃতি সূত্র
Law of multiple proportions—গুণানুপাত সূত্র
Law of partial pressure—অংশপ্রেষ সূত্র
Law of reciprocal proportion—মিথোনুপাত সূত্র
Lead—সীসক, সীসা
Lime—চুন
Lime kiln—চুনের ভাটি
Limestone—চুনাপাথর
Lime water—চুনের জল
Lustre—দ্যুতি
Malleability—ঘাতসহতা
Matter—জড়পদার্থ, পদার্থ
Mechanical mixture—মিশ্র পদার্থ
Melt—গলা
Melting point—গলনাঙ্ক
Mercury—পারদ
Metal—ধাতু
Metal, base—অবরধাতু

Metalloid—ধাতুকল্প
Metal, noble—বরধাতু
Mica—অভ্র
Milk of lime—চুনগোলা
Mineral—খনিজ
Mineral water—খনিজ জল
Mixture—মিশ্রণ, সংমিশ্রণ
Molar solution—আণবিক দ্রবণ
Molecular formula—আণবিক সঙ্কেত
Molecular weight—আণবিক গুরুত্ব
Molecule—অণু
Molten—গলিত
Monoacidic—একাম্লী
Monoatomic—একপরমাণুক
Monotropic—একবৃত্তি
Monovalent—একযোজী
Mordanting—রাগবন্ধন
Mortar—খল
Mother-liquor—শেষদ্রব
Multivalent—বহুযোজী
Nascent—জায়মান
Negative—ঋণাত্মক, না-ধর্মী, অপরা
Negative catalyst—বাধক
Neutral—প্রশমিত
Neutralization—প্রশমন
Neutral point—প্রশমক্ষণ
Neutral salt—প্রশম লবণ
Non-conductor—অপরিবাহী
Non-metal—অধাতু
Non-volatile—অনুদ্বায়ী
Normal density—প্রমাণ ঘনত্ব
Normality—তুল্যাঙ্ক মাত্রা
Normal pressure—প্রমাণ চাপ
Normal solution—তুল্য দ্রবণ
Normal temperature—প্রমাণ উষ্ণতা
N. T. P.—প্রমাণ অবস্থা
Occlusion—অন্তর্ধৃতি
Octahedral—অষ্টপলা, অষ্টতলক
Opaque—অনচ্ছ
Open-chain carbon compounds—সারবন্দী কার্বন যৌগ
Ore—আকরিক
Organic—জৈবজাতীয়
Organic solvent—জৈব দ্রাবক
Organic substance—জৈব পদার্থ
Oxidation—জারণ
Oxidising agent—জারক দ্রব্য
Passive iron—নিষ্ক্রিয় লৌহ
Paste—লেই
Period—পর্যায়
Periodic law—পর্যায়-সূত্র
Periodic table—পর্যায়-সারণী
Perforated ladle—ঝাঁঝরা হাতা
Phosphorescent—অনুপ্রভ
Physical change—অবস্থাগত পরিবর্তন
Physical property—অবস্থাগত ধর্ম
Plastic—নমনীয়
Plating—ধাতু-লেপন
Pneumatic trough—গ্যাসদ্রোণী
Polymerisation—বহুযৌগিক ক্রিয়া
Polyvalent—বহুযোজী
Porous—সরন্ধ্র, সচ্ছিদ্র
Positive catalyst—প্রবর্ধক, বর্ধক
Precipitate—অধঃক্ষেপ
Precipitation—অধঃক্ষেপণ
Preparation—প্রস্তুতি
Pressure—প্রেষ, চাপ
Process—পদ্ধতি
Promoter—উদ্দীপক
Property—ধর্ম
Pumice stone—ঝামা পাথর
Purificatoin—শোধন
Qualitative—আদিক
Quantitative—মাত্রিক
Quartz—স্ফটিক
Radical—মূলক

Radioactive—তেজস্ক্রিয়
Rare-earth elements—বিরলমৃত্তিক মৌল
Raw materials—কাঁচামাল
Reaction—বিক্রিয়া
Reaction product—বিক্রিয়াজাত ফল
Reactant—বিক্রিয়ক
Reactive—সক্রিয়
Reagent—বিকারক
Rearrangement—প্রতিবিন্যাস
Receiver—গ্রাহক
Red hot—লোহিত তপ্ত
Reducing agent—বিজারক দ্রব্য
Reduction—বিজারণ
Refining—শোধন
Regenerator—পুনরুৎপাদনকারী
Residue—অবশেষ
Retort—বকযন্ত্র
Reversible—উভমুখী
Ring compound—বৃত্তাকার যৌগ
Ring test—বলয় পরীক্ষা
Roasting—তাপ-জারণ
Rock salt—খনিজ লবণ
Rotatory furnace—ঘূর্ণচুল্লী
Rust—মরিচা

Safety lamp—নিরাপদ দীপ
Salammoniac—নিশাদল
Salt—লবণ
Salt, complex—জটিল লবণ
Sand—বালি
Sand bath—বালি খোলা
Saturated—সম্পৃক্ত
Sediment—গাদ
Sedimentation—থিতান
Signal light—সাঙ্কেতিক আলোক
Silent electric discharge—শব্দহীন তড়িৎক্ষরণ
Slag—ধাতুমল
Slaked lime—কলিচুন
Slow combustion—মৃদু দহন
Smelting—বিগলন
Soft water—মৃদুজল
Solder—ঝালা
Solid—কঠিন
Soluble—দ্রবণীয়
Solubility—দ্রাব্যতা, দ্রবণীয়তা
Solute—দ্রাব
Solution—দ্রব, দ্রবণ
Solvent—দ্রাবক
Soot—ভুসা
Spark—স্ফুলিঙ্গ
Spectrum—বর্ণালী
Specific heat—আপেক্ষিক তাপ
Spontaneous combustion—স্বতঃদহন
Standard solution—প্রমাণ দ্রবণ
Steel—ইস্পাত
Sterilization—নির্বীজন
Stirrer—আলোড়ক
Strength—তীব্রতা, শক্তি
Strong acid—তীব্র অম্ল
Structural formula—সংযুতি-সঙ্কেত
Sublimation—ঊর্ধ্বপাতন
Substance—বস্তু
Suspended—প্রলম্বিত
Sulphur—গন্ধক
Super-heated—অতিতপ্ত
Super saturated—অতিপৃক্ত
Supporter of combustion—দহন-সহায়ক
Surface—তল
Symbol—সঙ্কেত
Synthesis—সংশ্লেষণ

Table—তালিকা, সারণী
Temperature—উষ্ণতা
Tempering—পান দেওয়া
Test—পরীক্ষা
Theory—তত্ত্ব
Thermal Unit—তাপীয় একক

l dissociation—তাপ-বিয়োজন
ion—রূপান্তর
itional elements—সন্ধিগত মৌল
nsition temperature—পরিবর্তাঙ্ক
Trivalent—ত্রিযোজী
Trough—দ্রোণী
Tube—নল
Turbid—ঘোলাটে
Type element—আদর্শ মৌল
Ultra-violet rays—অতিবেগুনী আলো
Undecomposed—অবিকৃত
Union—সংযোগ
Unit—একক
Unsaturated—অসংপৃক্ত
Unstable—দুঃস্থিত, ক্ষণভঙ্গুর
Vaccum distillation—অনুপ্রেষপাতন
Valence bond—যোজক
Valency—যোজ্যতা
Vapour—বাষ্প
Vapour density—বাষ্পঘনত্ব
Vaporisation—বাষ্পীকরণ, বাষ্পীভবন
Velocity—বেগ
Velocity of diffusion—ব্যাপন-বেগ
Vermillion—সিন্দূর
Viscous—সান্দ্র
Viscosity—সান্দ্রতা
Volatile—উদ্বায়ী
Volume—ঘনায়তন, আয়তন
Volume elasticity—স্থিতিস্থাপকতা
Vortex rings—আবর্তবলয়
Water-bath—জলগাহ
Water of crystallisation—কেলাসজল
Weak acid—মৃদু অম্ল
Weak base—মৃদু ক্ষার
Weak solution—ক্ষীণ দ্রব
Weight—ওজন
Wet process—সিক্ত প্রণালী
White hot—শ্বেততপ্ত
Wire-gauge—তারজালি
Wood charcoal—কাঠকয়লা
Zinc—দস্তা
Zinc dust—দস্তা-রজ